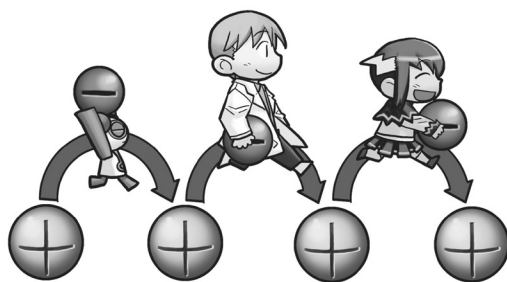


I MANGA DELLE SCIENZE

ELETTROMAGNETISMO

KAZUHIRO FUJITAKI
MATSUDA
TREND-PRO CO., LTD.





I MANGA DELLE SCIENZE

ELETTROMAGNETISMO

KAZUHIRO FUJITAKI
MATSUDA
TREND-PRO CO., LTD.



E-BOOKS

SOMMARIO

PREFAZIONE	IX
------------------	----

PROLOGO

DA ELECTOPIA, LA TERRA DELL'ELETTRICITÀ.....	1
--	---

1

CHE COS'È L'ELETTRICITÀ?	13
--------------------------------	----

L'elettricità nella vita di tutti i giorni	14
--	----

Grandezze elettriche	15
----------------------------	----

L'elettricità in casa	19
-----------------------------	----

Come funziona l'elettricità	25
-----------------------------------	----

La vera natura dell'elettricità	26
---------------------------------------	----

La corrente e la scarica elettrica	30
--	----

La struttura atomica e la conduttività	34
--	----

L'elettricità statica	36
-----------------------------	----

La serie triboelettrica	40
-------------------------------	----

Usi dell'elettricità statica	43
------------------------------------	----

Le etichette nei prodotti elettrici	45
---	----

Tensione e potenziale	46
-----------------------------	----

Atomi ed elettroni	47
--------------------------	----

L'elettricità statica	49
-----------------------------	----

La forza elettrostatica	49
-------------------------------	----

La serie triboelettrica	51
-------------------------------	----

I movimenti di cariche e il verso della corrente elettrica.....	51
---	----

2

CHE COSA SONO I CIRCUITI ELETTRICI?.....	55
--	----

I circuiti elettrici nei dispositivi di uso quotidiano	56
--	----

Il circuito di una torcia	59
---------------------------------	----

Componenti di un circuito elettrico	61
---	----

La legge di Ohm e i metodi per collegare i componenti elettrici	67
---	----

I circuiti elettrici e la legge di Ohm	68
--	----

Collegamenti in serie e in parallelo	69
--	----

I circuiti elettrici e la corrente	73
--	----

Simboli grafici	73
-----------------------	----

I circuiti a corrente continua e i circuiti a corrente alternata	74
--	----

La legge di Ohm	76
-----------------------	----

Resistività e conduttività	77
----------------------------------	----

La resistenza equivalente	78
---------------------------------	----

3

COME FUNZIONA L'ELETTRICITÀ?	81
Perché l'elettricità produce calore?	82
Elettricità ed effetto Joule	85
Come si genera calore dalla corrente?	87
Radiazione termica e luminescenza	90
La corrente e i campi magnetici	94
La regola della mano sinistra di Fleming (per i motori in continua)	98
La regola della mano destra di Fleming (per i generatori)	100
L'effetto Joule	104
La vibrazione termica	104
Le onde elettromagnetiche	106
Elettricità e magnetismo	107
La regola della mano sinistra di Fleming e i motori in continua	109
La regola della mano destra di Fleming e i generatori	110
L'elettricità e gli induttori	111
Gli induttori e l'induzione elettromagnetica	111
Gli induttori e l'induttanza	112
Gli induttori e la corrente alternata	113
Gli induttori e i trasformatori	114
I condensatori	115
I condensatori e la corrente alternata	115

4

COME SI CREA L'ELETTRICITÀ?	117
I generatori	118
Come fa un generatore di potenza a creare l'elettricità?	121
Le batterie e altre sorgenti di elettricità	124
Le celle chimiche	126
Che cosa succede in una pila a secco?	132
L'acqua e le celle a combustibile	135
Anodi e catodi	138
Crea la tua pila a bottone	140
Le termopile	141
L'elettricità creata da una centrale elettrica	147
Le centrali termoelettriche	149
Le centrali nucleari	151
Le centrali idroelettriche	152
Le centrali eoliche	154

I MILLE USI DELL'ELETTRICITÀ!	155
Cosa sono i semiconduttori?	161
Diodi e transistor	169
Diodi che emettono luce	174
Transistor	176
Diodi	186
Transistor	188
Transistor a effetto di campo	188
Convertitori e inverter	189
Sensori	190
Sensori di temperatura	190
Sensori ottici	192
EPILOGO	197
INDICE	203

PREFAZIONE

Il nostro stile di vita ha bisogno dell'elettricità. Per spiegare il concetto di corrente elettrica spesso la si paragona a un flusso d'acqua, ma visto che l'elettricità non può essere vista a occhio nudo questa metafora può risultare un po' ostica. Cosa possiamo fare per comprendere meglio la natura dell'elettricità?

L'elettricità ci aiuta in quasi tutti gli aspetti della nostra vita: fornisce luce, calore ed energia. Anche se i suoi benefici sono evidenti, tendiamo a non considerare la sua presenza. Comunque basta imparare anche solo i concetti base che la riguardano per avere un quadro chiaro di come l'elettricità funzioni.

Questo libro spiega i concetti principali che ruotano intorno all'elettromagnetismo con una storia a fumetti seguita da un apparato testuale esplicativo. Non troverete spiegazioni complesse, voi lettori potrete assistere insieme alla nostra eroina Rereko alle lezioni del suo insegnante Hikaru. Anche chi ha sempre trovato difficile capire i meccanismi dell'elettricità troverà le spiegazioni di Hikaru semplici da comprendere.

Sono estremamente grato a Matsuda, che ha collaborato ai disegni della storia, e a tutto lo staff di TREND-PRO che si è occupato della produzione del libro. Vorrei anche esprimere il mio sincero ringraziamento al Professor Masaaki Mitani che ha riletto il mio lavoro. Ringrazio anche la Ohmsha, Ltd. per avermi permesso di scrivere questo libro.

Spero che leggendolo riuscirete a imparare cos'è l'elettricità e a conoscerla un po' meglio.

KAZUHIRO FUJITAKI

PROLOGO:
DA ELECTOPIA,
LA TERRA DELL'ELETTRICITÀ





ELECTOPIA.

UN MONDO IN CUI I DISPOSITIVI
ELETTRONICI SONO UN PO' PIÙ
EVOLUTI RISPETTO A QUELLI
DEL PIANETA TERRA.



EPPURE GLI STUDENTI
DI ELECTOPIA HANNO
PROBLEMI MOLTO SIMI-
LI AI LORO COLLEGGI
TERRESTRI.

中央電子教育学校*

*SCUOLA -
CENTRALE DI
FORMAZIONE
ELETTRICA



REREKO...

中等部
職員室*

*SALA INSEGNANTI DEL LICEO

...SAI PERCHÉ TI
HO MANDATA A
CHIAMARE?

UHM... EHM...



FRANCAMENTE NON
LO SO, MA NON SONO
MAI STATA MOLTO IN-
TELLIGENTE.

NON IMPORTA,
HAI QUASI INDOVINATO
LA QUESTIONE.





IL
GIORNO
DOPO...

TOKYO, GIAPPONE.

UN TEMPORALE
IMPROVISO...

SONO QUASI A
CASA... FORSE,
CORRENDO...

CRACK!

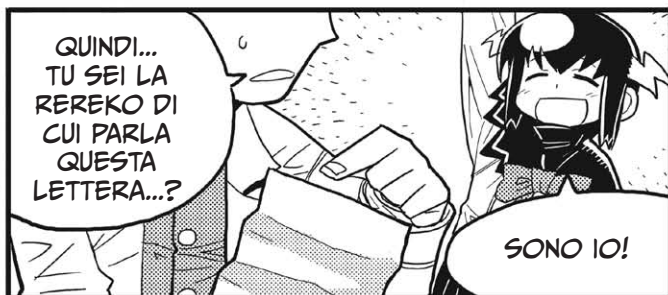
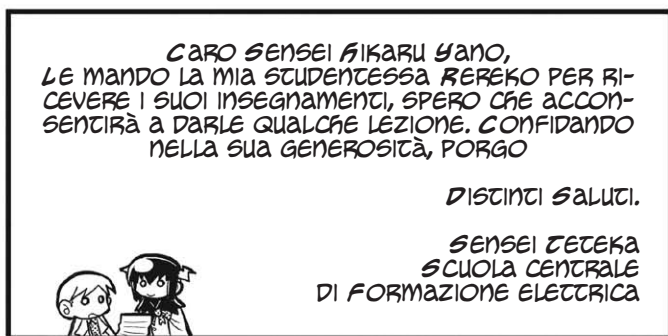
-GULP-

EH...

...FINIRÒ PER
BAGNARMICI
TUTTO! DOVE-
VO PORTARE UN
OMBRELLA.

E-EH!

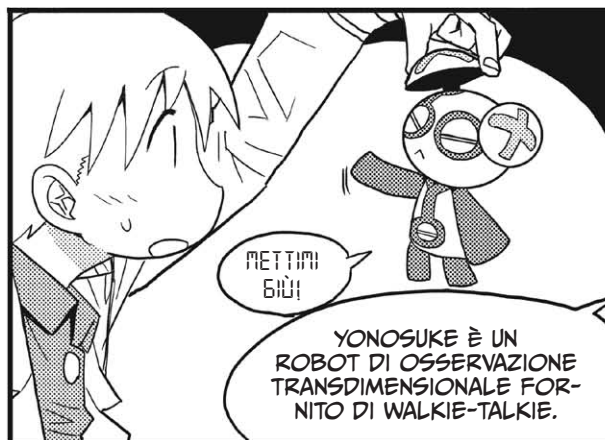
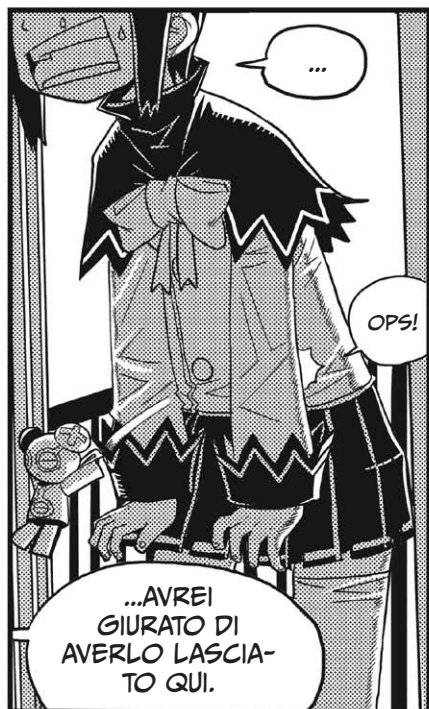






...NELL'APPARTAMENTO DI HIKARU.





QUINDI SONO SICURA
CHE LEI ABBAIA TUTTE LE
QUALIFICHE PER INSE-
GNARMI AL MEGLIO,
SENSEI.



NON NE SAREI
COSÌ SICURO...

LA PREGO, SEN-
SEI HIKARU...

PUÒ INSEGNARMI
LE BASI DELL'E-
LETTRICITÀ?



VISTO CHE PER VENIRE QUI
HO DOVUTO RINUNCIARE ALLE
MIE VACANZE ESTIVE, NON
POSSO RITORNARE SENZA
AVER PRESO QUALCHE LE-
ZIONE EXTRA...



LO SO, MA...
DEVO PORTARE AVANTI
LE MIE RICERCHE E...



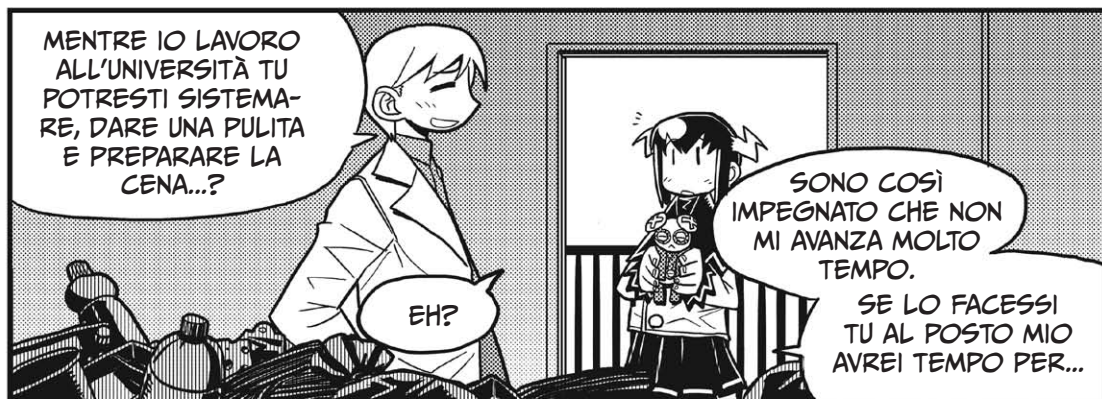
SENTI, TI
FACCIO UNA
PROPOSTA.



VISTO CHE LA MIA
STANZA È UN PO'
DISORDINATA--



UN PO'?!
U-UN PO'
TANTO, VA BENE?



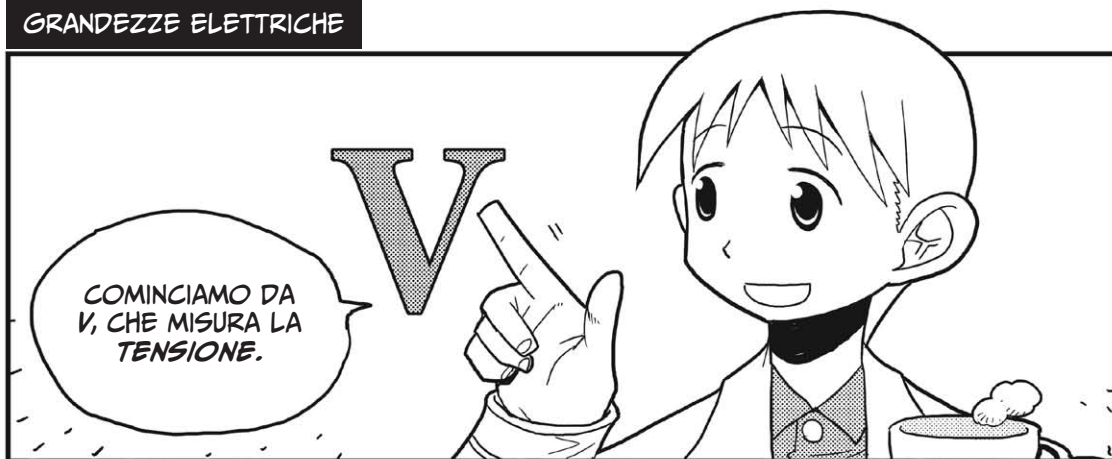


1

CHE COS'È L'ELETTRICITÀ?









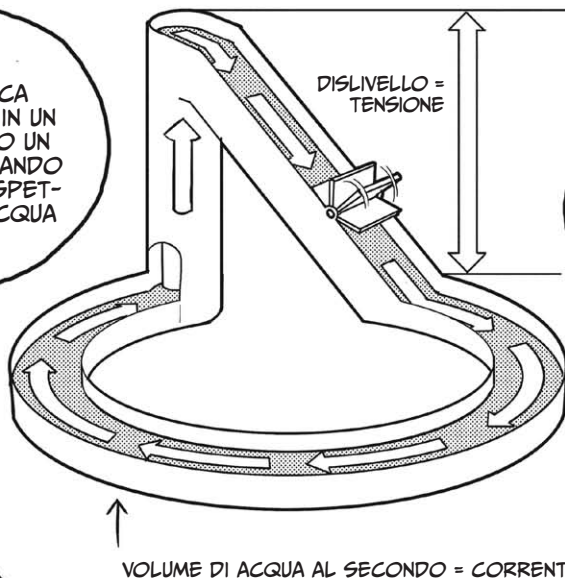
LA TENSIONE È LA DIFFERENZA DI POTENZIALE TRA DUE PUNTI.

DIFFERENZA NEI LIVELLI DELL'ACQUA =
DIFFERENZA DI POTENZIALE = TENSIONE

MENTRE A CAMPÈRE, A VOLTE ABBREVIATO IN AMP, È L'UNITÀ DI MISURA DELLA CORRENTE ELETTRICA.

A

LA CORRENTE È LA QUANTITÀ DI CARICA ELETTRICA CHE PASSA IN UN SECONDO ATTRAVERSO UN CAVO ELETTRICO. TORNANDO ALL'ACQUA, È IL CORRISPETTIVO DEL VOLUME DI ACQUA AL SECONDO.



MI HA FATTO VENIRE VOGLIA DI SAGASHI SOMEN, GLI SPAGHETTI GALLEGGIANTI!



VISTO CHE QUESTA EQUAZIONE
SI PUÒ RISCRIVERE ANCHE COSÌ...

$$\text{CORRENTE (A)} = \frac{\text{POTENZA (W)}}{\text{TENSIONE (V)}}$$

...POSSIAMO FACILMENTE
TROVARE LA CORRENTE.

PER QUESTA
TEIERA ELETTRI-
CA...

ABBIAMO

$$\frac{1000W}{100V} = 10A$$

GIUSTO?

ESATTO!

電気の使用量のお知らせ

ご利用場所 〇〇〇区〇〇町〇丁目

〇年〇月分 〇月 〇日 ~ 〇月 〇日 (31日間)

〇使用量 310kWh

請求予定金額 4,580円

基本料金	1,500円
電圧1段料金	1,000円
電圧2段料金	3,500円
電圧3段料金	2,500円
燃料費調整	160円
電化財生活宅割引額	50円
口座振替割引額	307円
消費税等相当額	500円

〇〇電力株式会社

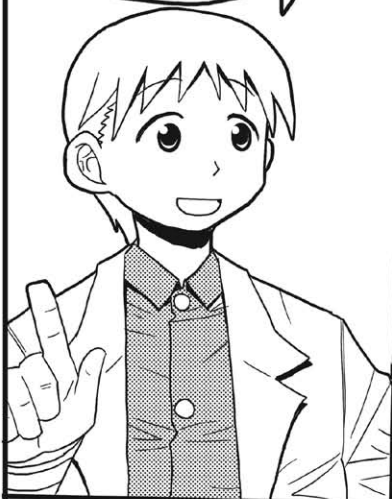
〇〇支店(000)

〇〇〇〇〇〇-〇〇〇〇〇〇-〇〇〇

CONSIDERIAMO ADESSO
L'ENERGIA ELETTRICA. LA BOL-
LETTA ELETTRICA CONSIDERA
COME UNITÀ DI MISURA KWH (KI-
LOWATTORA) CHE RAPPRESENTA
LA QUANTITÀ DI ENERGIA USATA
DA UN'ABITAZIONE...

OKAY, CAPITO!

PER OTTENERLA
SI MOLTIPLICA LA
POTENZA CON IL
TEMPO DI UTILIZZO.



PER ESEMPIO, SE
USI UN ELETTRO-
DOMESTICO DA
1200W PER 2 ORE,
QUANTI KILOWAT-
TORA CONSUMI?



EHM...
1200 PER 2...

...FA 2400, O
SBAGLIO?

$1200W \times 2 \text{ ORE} = 2400WH = 2,4KWH$

CORRETTO, SONO 2400WH
(WATTORA). E QUINDI 2,4KWH.

SE CONOSCI QUESTO
DATO PUOI CALCOLARE
IL COSTO DI UTILIZZO
DI OGNI TUO ELETTRO-
DOMESTICO.



SE 1KWH MI COSTA
20YEN, TENERE ACCESA LA
TEIERA PER 2 ORE (2,4KWH)
MI COSTERÀ 48YEN!

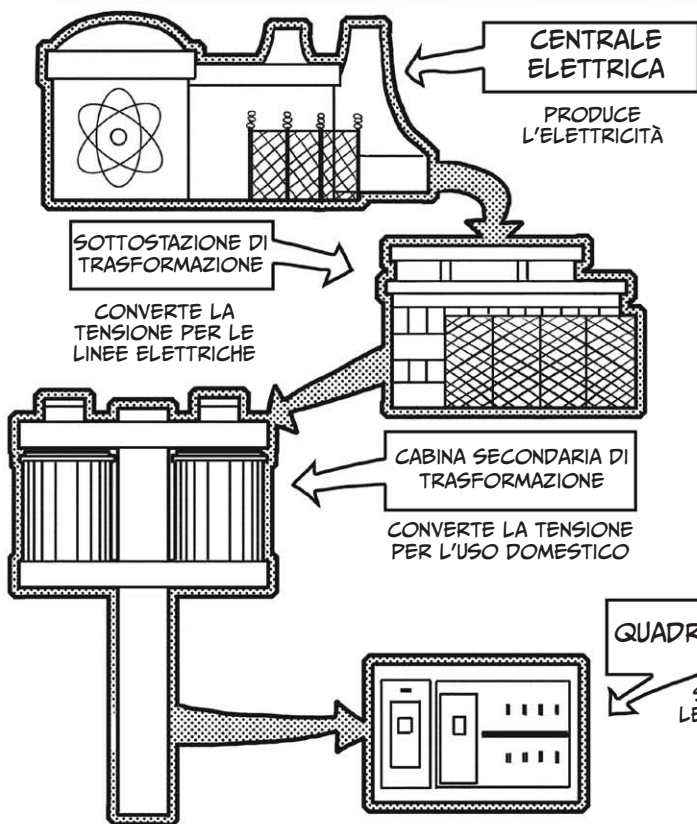
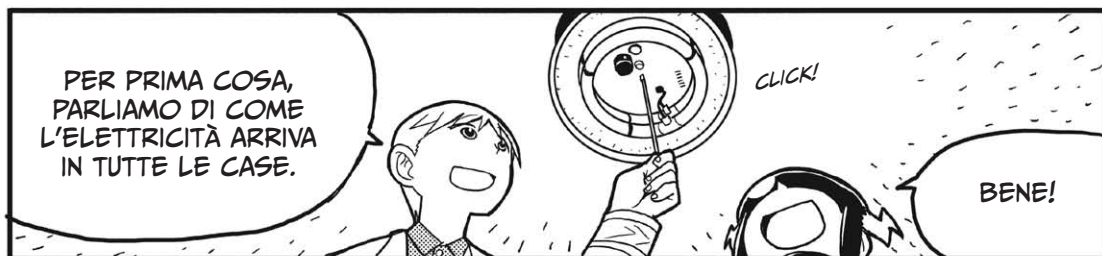
L'ELETTRICITÀ IN CASA

LO SAI CHE SE
UTILIZZI MOLTI DISPOSITIVI
CHE ASSORBONO ENERGIA
PUÒ SCATTARE L'INTER-
RUTTORE MAGNETO-TERMICO
AUTOMATICO (IL "SALVAVITA")
E SPEGNERE TUTTO,
VERO?

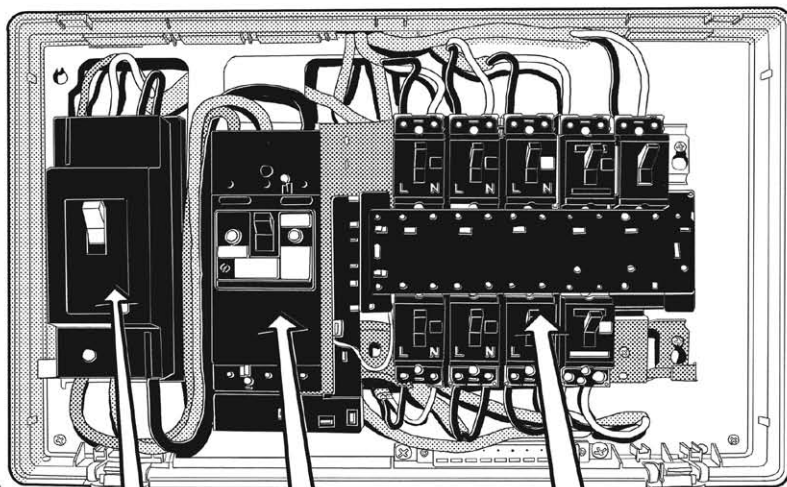


BIIP!

CERTO!



IL QUADRO ELETTRICO SUDDIVIDE L'ELETTRICITÀ TRA TUTTE LE STANZE DELLA CASA. L'ELETTRICITÀ IN INGRESSO AL QUADRO



PASSA ATTRAVERSO UN LIMITATORE DI CORRENTE, ENTRA IN UN CIRCUITO SALVAVITA E VIENE SUDDIVISA TRA DIVERSI ALTRI INTERRUTTORI DI SICUREZZA.



CIRCUITO SALVAVITA
LIMITATORE DI CORRENTE

INTERRUPTORI DI SICUREZZA

QUESTO È L'INTERNO DI UN QUADRO ELETTRICO.

OH.



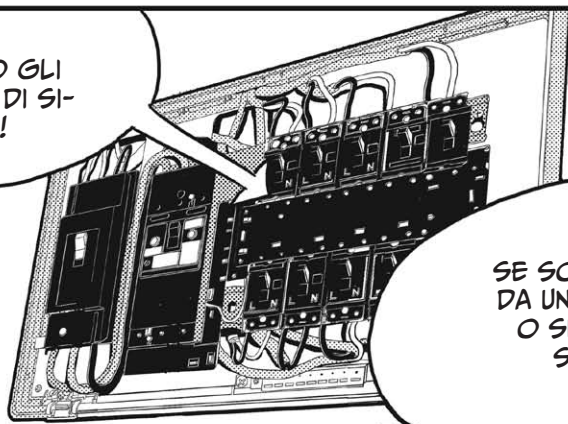
SE LA CORRENTE TOTALE CHE ATTRAVERSA GLI INTERRUTTORI DI SICUREZZA SUPERA IL VALORE MASSIMO PREVISTO, IL LIMITATORE DI CORRENTE SCATTERÀ.

NELLA MIA CASA IL MASSIMO VALORE CONSENTITO È 20A*.

QUINDI SE LA CORRENTE SUPERA I 20A, L'INTERRUPTORE SCATTA PER MOTIVI DI SICUREZZA, GIUSTO?

*IN ITALIA È 16A

QUESTI SONO GLI
INTERRUTTORI DI SI-
CUREZZA!



SE SONO ATTRAVERSATI
DA UNA CORRENTE PARI
O SUPERIORE A 20A
SCATTERANNO.

QUINDI SE
L'ELETTRICITÀ TOTALE USATA
DAI DISPOSITIVI ELETTRICI
COLLEGATI ALL'INTERRUTTO-
RE DI SICUREZZA NON
SUPERA 20A...



...L'INTERRUTTORE
NON SCATTERÀ.

VISTO CHE LA TENSIONE DI
UN DISPOSITIVO ELETTRICO PER USO
DOMESTICO È SEMPRE DI 230V,
PROVIAMO A CALCOLARE LA POTENZA
CONSUMATA DAI DISPOSITIVI ELETTRICI
COLLEGATI AL QUADRO E VEDIAMO SE
QUESTA SUPERA IL LIMITE.

PER ESEMPIO,
SE PROVIAMO A USARE
INSIEME IL BOLLITORE E
LA PENTOLA ELETTRICA
PER IL RISO...



TEIERA ELETTRICA
 $1.600 / 230V \approx 7A$



PENTOLA PER IL RISO
 $2900W / 230V \approx 12,5A$

$$7A + 12,5A = 19,5A$$

CON QUESTA
COMBINAZIONE
STIAMO NEI LIMITI
PER UN PELO...

...MA NON SU-
PERIAMO LA
SOGLIA DI 20A.

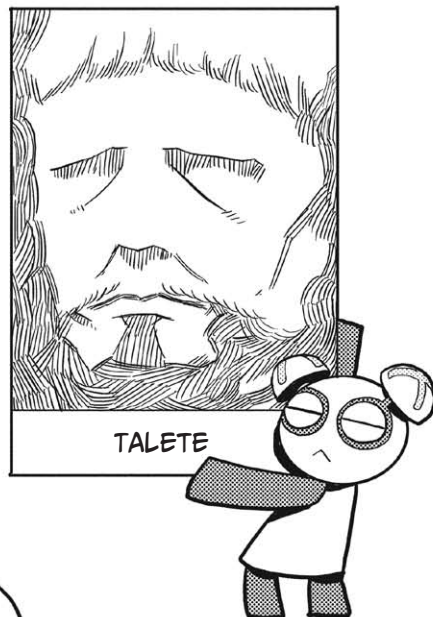




*IN ITALIA LA CORRENTE NOMINALE MASSIMA È 10A



INTORNO AL 600 A.C., IL FILOSOFO GRECO
TALETE SCOPRÌ CHE STROFINANDO UN OG-
GETTO D'AMBRA CON UN PANNO, QUESTO
POTEVA ATTRARRE LE PIUME O FILAMENTI DI
TESSUTO.



AH! QUESTO PER
CASO È LEGATO...

...ALL'ELETTRICITÀ
STATICA?!

ESATTO!

MA A QUEI TEMPI
L'ELETTRICITÀ STATICA
NON SI CONOSCEVA
ANCORA.

TRA PARENTESI, LA PAROLA ELET-
TRICITÀ DERIVA DALLA PAROLA
ELEKTRON, CHE IN GRECO VUOL
PROPRIO DIRE AMBRA.

elektron

OH!

QUELLA FORZA
MISTERIOSA CHE ATTRAE-
VA QUEI PICCOLI OGGETTI,
NOI SIAMO IN GRADO DI
SPIEGARLA GRAZIE
ALL'ELETTRICITÀ.

?

LA VERA NATURA DELL'ELETTRICITÀ

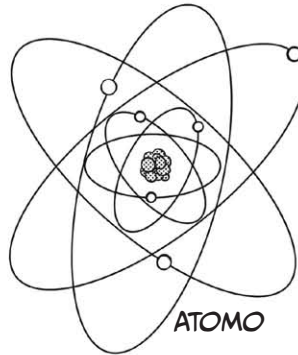
E ORA PROViamo
AD AVVICINARCI
ALLA VERA NATURA
DELL'ELETTRICITÀ!

IN EFFETTI, LA VERA
NATURA DELL'ELETTRICITÀ
È LEGATA ALLE PARTICEL-
LE PICCOLISSIME CHE SI
TROVANO DENTRO OGNI
SOSTANZA.

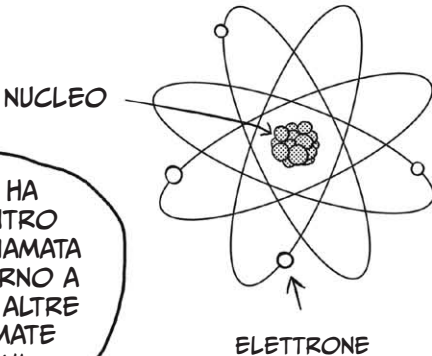
EH?

ANCHE
DENTRO DI NOI?

MA CERTO! SI TROVANO AN-
CHE DENTRO DI NOI. TUTTI GLI
OGGETTI SONO COMPOSTI
DALL'ASSOCIAZIONE DI TANTE
PICCOLE PARTICELLE CHE VEN-
GONO CHIAMATE ATOMI.



MMM.



UN ATOMO HA
AL SUO CENTRO
UNA COSA CHIAMATA
NUCLEO INTORNO A
CUI RUOTANO ALTRE
COSE CHIAMATE
ELETTRONI.

QUESTE PARTI-
CELLE ANCORA PIÙ
MINUSCOLE SONO
ALL'ORIGINE DELL'E-
LETTRICITÀ.

SE BEN RICORDO AN-
CHE I VOSTRI PIANETI
RUOTANO INTORNO
AL VOSTRO SOLE,
GIUSTO?



È UN MEC-
CANISMO
SIMILE?

IN UN CERTO SENSO! IL NUCLEO, CHE CORRISPONDE AL SOLE, È FATTO DI PROTONI, CHE HANNO CARICA ELETTRICA POSITIVA, E NEUTRONI, PRIVI DI CARICA ELETTRICA.

PROTONE (+)

NEUTRONE (CARICA NEUTRA)

GLI ELETTRONI CHE RUOTANO INTORNO HANNO CARICA ELETTRICA NEGATIVA.

ELETTRONE (-)

SE UN ATOMO CONTIENE CARICHE SIA POSITIVE CHE NEGATIVE, ALLA FINE CHE CARICA ELETTRICA HA?

?

VISTO CHE I PROTONI SONO DI SOLITO TANTI QUANTI GLI ELETTRONI, L'ATOMO HA DI PER SÉ UNA CARICA ELETTRICA NEUTRA.

MA SE DALL'ESTERNO SI ECCITA UN ATOMO CON LA LUCE O CON IL CALORE...

CALORE

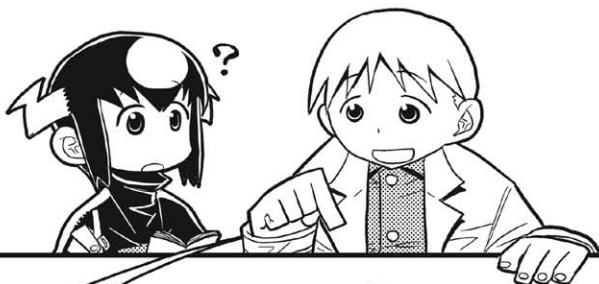
LUCE

ZIP!

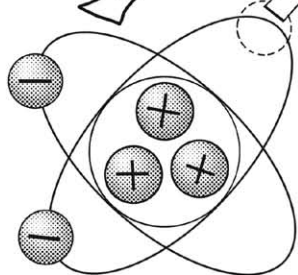
WOW!

...UN ELETTRONE PUÒ STACCARSI DALL'ATOMO. IN QUESTO CASO PARLIAMO DI ELETTRONI LIBERI.

E COSA SUCCEDE QUANDO SI STACCA?



SE UN ELETTRONE SI LIBERA, LE CARICHE NEGATIVE DIMINUISCONO E L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE POSITIVO.

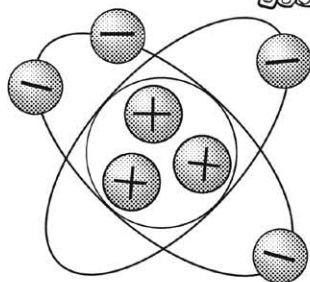


ELETTRONE LIBERO

CALORE

LUCE

SE IL NUMERO DI ELETTRONI CALA, L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE POSITIVO.



SE IL NUMERO DI ELETTRONI CRESCE, L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE NEGATIVO.

SE UN ELETTRONE SI LEGA A UN ALTRO ATOMO, LE CARICHE NEGATIVE IN QUELL'ATOMO AUMENTANO E L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE NEGATIVO.



A-HA! L'ELETTRONE SI TRASFERISCE DA UN ATOMO ALL'ALTRO.

UN ATOMO CARATTERIZZATO DA QUESTO TIPO DI PROPRIETÀ ELETTRICA VIENE DEFINITO CARICO.

QUINDI UN ATOMO È CARICO QUANDO PERDE UNO DEI SUOI ELETTRONI O NE GUADAGNA UNO.

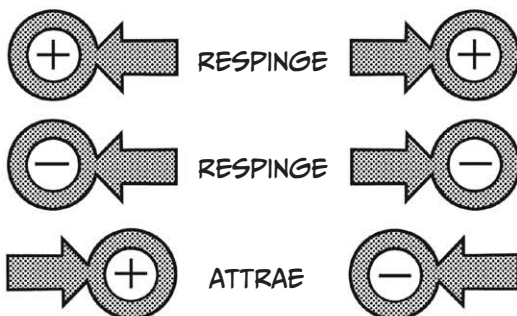


LA CARICA È LA PROPRIETÀ ELETTRICA, SIA POSITIVA CHE NEGATIVA. PER QUESTO SI DICE CHE UN PROTONE HA CARICA POSITIVA E UN ELETTRONE HA CARICA NEGATIVA.



MA PERCHÉ CARICA...?

DUE CARICHE POSITIVE O DUE CARICHE NEGATIVE SI RESPINGONO TRA LORO, MENTRE UNA POSITIVA E UNA NEGATIVA SI ATTRAGGONO.



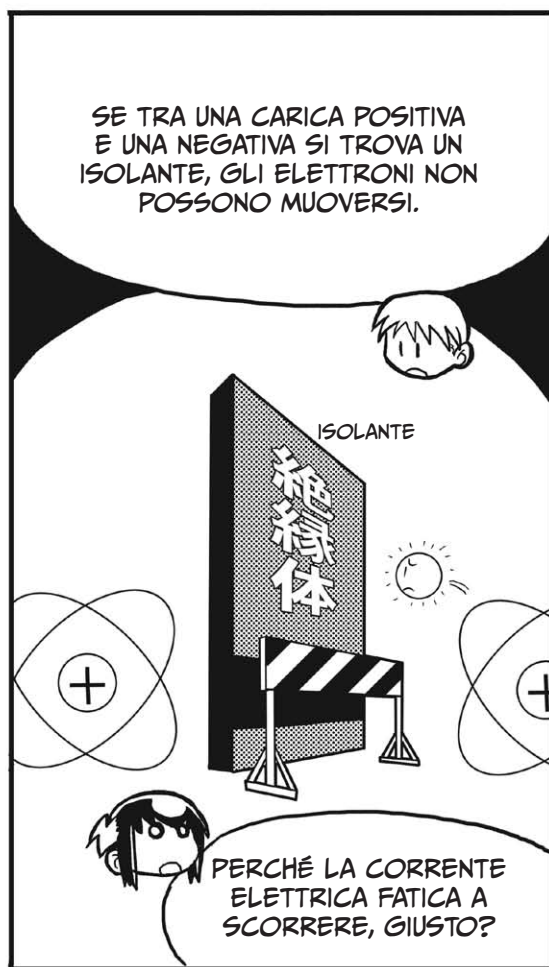
È COME CON I DUE POLI DI UN MAGNETE, GIUSTO?



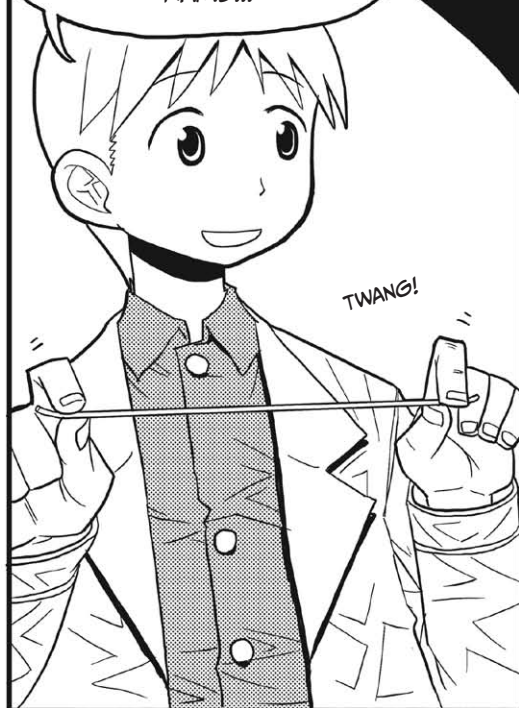
SÌ! QUESTA FORZA SI CHIAMA FORZA ELET-
TROSTATICA O FORZA DI
COULOMB.



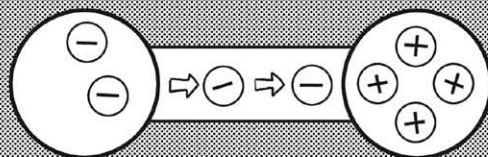
L'ELETTRICITÀ
STATICA SI VIENE A CREARE
QUANDO UN MATERIALE POS-
SIEDE UNA CARICA ELETTRICA
POSITIVA O NEGATIVA CHE
RIMANE LOCALIZZATA.



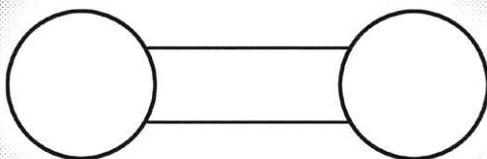
SE INVECE DUE OGGETTI
CARICHI SONO COLLEGATI
DA UN CONDUTTORE, PER
ESEMPIO DA UN CAVO DI
RAME...



...GLI ELETTRONI NEGATIVI
SI MUOVONO VERSO L'OG-
GETTO POSITIVO.



A QUESTO PUNTO LE CARICHE PO-
SITIVE E NEGATIVE SI UNISCONO E
SI CANCELLANO, FINCHÉ LO STATO
DI CARICA NON ESISTE PIÙ.



QUESTO FENOMENO
PRENDE IL NOME DI
SCARICA ELETTRICA.

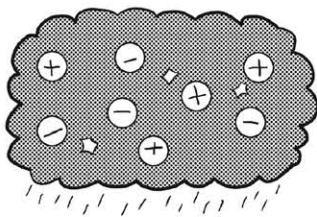


LE SCARICHE ELETTRI-
CHE POSSONO AVVENIRE
ANCHE NELL'ARIA, O
NEL VUOTO.

UNA SCARICA
IN ARIA?



PENSA AI FULMINI,
PER ESEMPIO! UN FUL-
MINE APPARE QUANDO
PICCOLE GOCCE D'AC-
QUA ALL'INTERNO DELLE
NUVOLE SI SFREGANO
TRA LORO E L'ELETTRI-
CITÀ STATICA ACCUMULATA
SI SCARICA A TERRA.

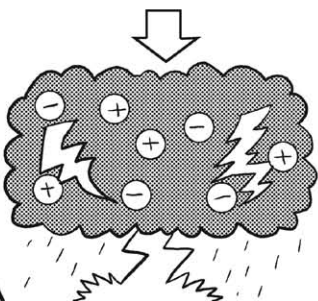


LA GRANDINE E IL GHIAC-
CIO NEI CUMULONEMBI SI
SCONTRANO CREANDO
UN ACCUMULO DI CARICA
ELETTRICA.

VISTO CHE L'ARIA
È UN ISOLANTE,
QUESTE SCARICHE
NON SI CREANO
FACILMENTE.



UNA SCARICA
ELETTRICA
ENORME!



SI VERIFICA UNA SCARICA
ELETTRICA, ALL'INTERNO DEL-
LA NUVOLA STESSA OPPURE
VERSO IL SUOLO, NELLA
FORMA DI UN FULMINE.



QUANDO SI ACCUMULA
UNA GROSSA CARICA, E IN
PRESENZA DI UNA DIF-
FERENZA DI POTENZIALE
SUFFICIENTE TRA LE CA-
RICHE NEGATIVE E POSI-
TIVE... IN ALTRE PAROLE,
QUANDO LA TENSIONE
DIVENTA MOLTO ALTA...



...L'ISOLAMENTO
ELETTRICO DELL'ARIA VIE-
NE MENO E SI GENERA UNA
SCARICA ELETTRICA.

QUESTA "ROT-
TURA" DELL'ISO-
LANTE GENERA
UN'ENERGIA
INCREDIBILE,
VERO?



PROPRIO COSÌ!
MA IL TUTTO DURA
UN ISTANCE.

LA SCARICA DEL FULMINE È Istantanea. INVECE, QUANDO IL FLUSSO DI ELETTRONI È CONTINUO, ABBIAMO UNA CORRENTE ELETTRICA.

MA DOBBIAMO TENERE IN CONSIDERAZIONE UNA COSA: IL VERSO DELLA CORRENTE È OPPOSTO A QUELLO DEL FLUSSO DEGLI ELETTRONI.

COME?

IN ALTRI TERMINI, QUANDO GLI ELETTRONI SCORRONO CON CONTINUITÀ, SCORRE UNA CORRENTE ELETTRICA.

QUANDO L'ELETTRICITÀ ERA ANCORA UN CONCETTO UN PO' OSCURO, SI PENSAVA CHE UN FLUSSO DI CARICHE POSITIVE SI GENERASSE NELLA STESSO VERSO DELLA CORRENTE.

VERSO DELLA CORRENTE?

VERSO DELLA CORRENTE

VERSO DEGLI ELETTRONI

MA IN SEGUITO SI SCOPRÌ CHE GLI ELETTRONI POSSEDEVANO CARICA NEGATIVA, E CHE QUINDI IL VERSO IN CUI SI MUOVEVANO ERA L'OPPOSTO DI QUELLO DELLA CORRENTE ELETTRICA.

CAPISCO.

ESISTONO VARI TIPI DI ATOMO, E A OGNUNO DI ESSI È ASSEGNATO UN NUMERO...

...CHE PRENDE IL NOME DI NUMERO ATOMICO.

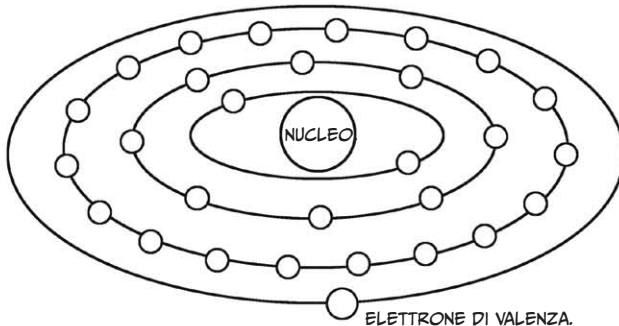
PER ESEMPIO, IL NUMERO ATOMICO DEL RAME, SPESSO USATO NELLE LINEE ELETTRICHE, È 29.

PERCHÉ IL RAME HA IL 29?

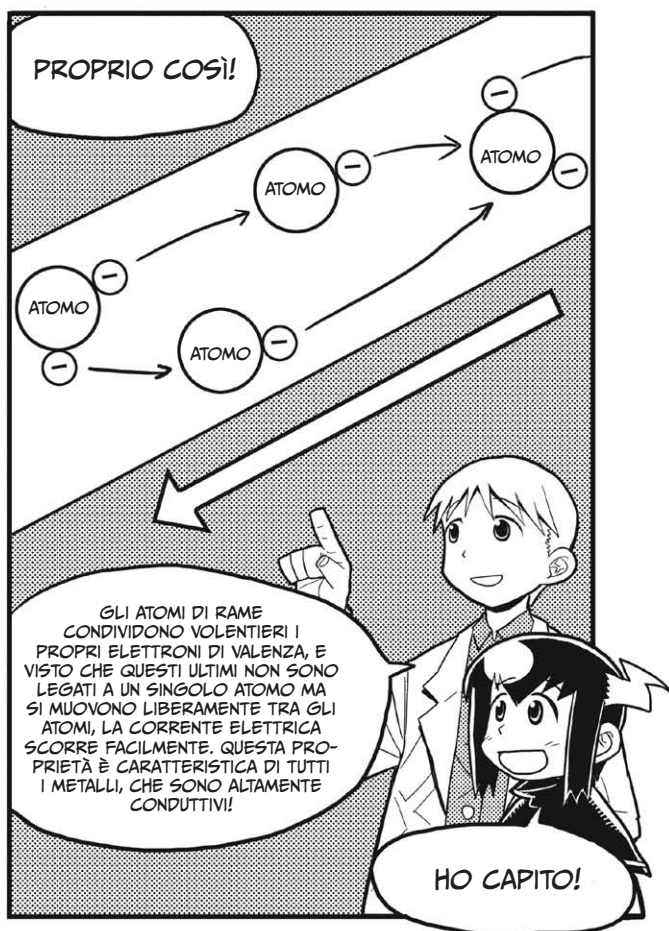
IL NUMERO ATOMICO È IN PRATICA DATO DAL NUMERO DI PROTONI DI UN ATOMO.

E VISTO CHE GLI ELETTRONI SONO TANTI QUANTI I PROTONI, IL RAME DEVE AVERE ANCHE 29 ELETTRONI!

INTORNO AL NUCLEO DELL'ATOMO DI RAME CI SONO QUATTRO ORBITE, GLI ORBITALI. A PARTIRE DALL'ORBITALE PIÙ VICINO AL NUCLEO, QUESTI CONTENGONO RISPETTIVAMENTE 2, 8, 18 E 1 ELETTRONE, PER UN TOTALE DI 29 ELETTRONI.



L'ELETTRONE NELL'ORBITALE PIÙ ESTERNO VIENE CHIAMATO ELETTRONE DI VALENZA.



L'ELETTRICITÀ STATICA

PRIMA TI HO DETTO CHE L'ELETTRICITÀ STATICA SI FORMA QUANDO UN OGGETTO PRESENTA UNA CARICA POSITIVA O NEGATIVA. LA PAROLA "STATICA" IMPLICA CHE NON C'È SPOSTAMENTO DI CARICHE, O CORRENTE.

ADESSO VEDIAMO COSA SIGNIFICA, IN MAGGIORE DETTAGLIO.

OKAY!

ANCHE NOI DI ELECTOPIA ABBIAMO QUATTRO STAGIONI, E IN INVERNO RISCHI DI PRENDERE LA SCOSSA DOVUNQUE TI GIRI... UNA COSA TERRIBILE.

ZAP

CON I MAGLIONI

ZAP

AHI!

AHI!

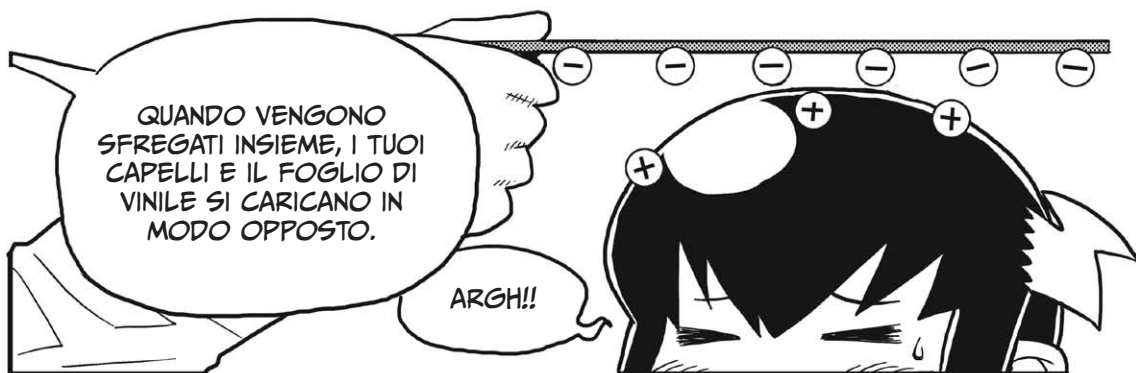
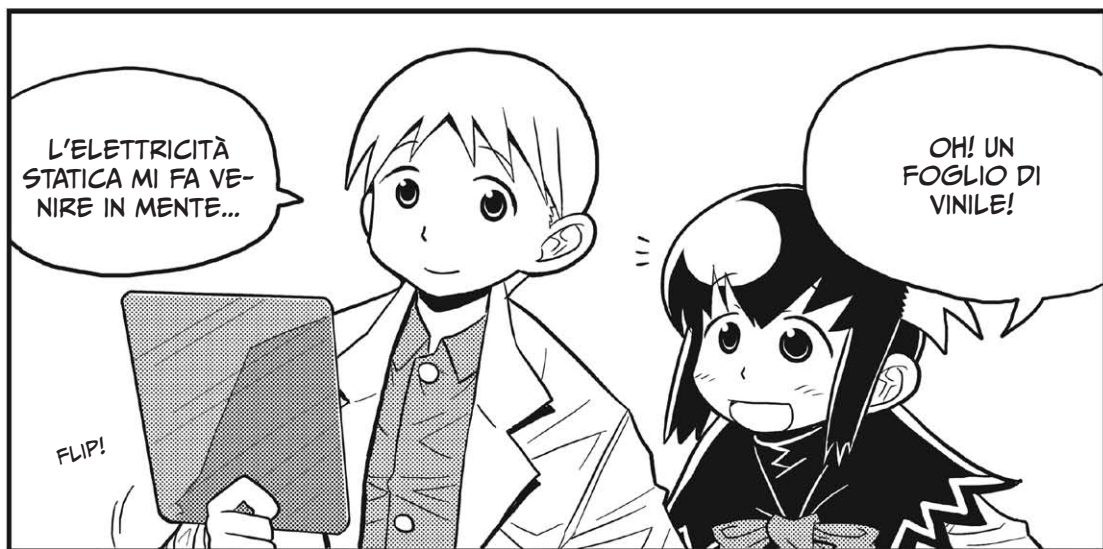
CON LE MANIGLIE

BE', SICURAMENTE QUESTI EFFETTI COLLATERALI DELL'ELETTRICITÀ STATICA LI CONOSCIAMO PIÙ O MENO TUTTI, MA SAI COME SI PRODUCE E QUALI SONO LE SUE PROPRIETÀ?

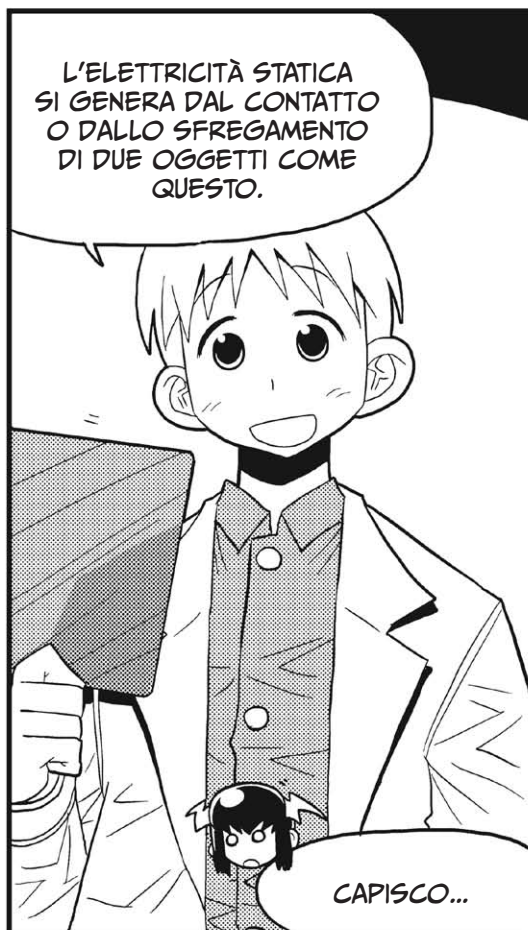
BE'...

IO... EHM...

PROPRIO COME IMAGINAVO!

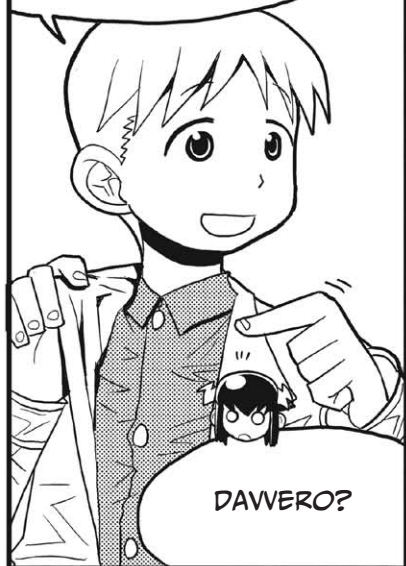








CERTI VESTITI, POI, SI CARICANO PIÙ FACILMENTE DI ALTRI.

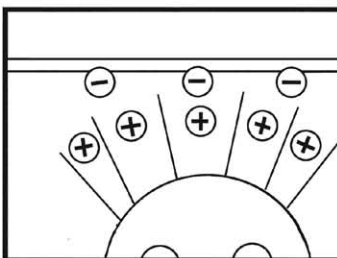


DAVERO?

PER ESEMPIO, LA SETA HA UNA BUONA PERMEABILITÀ ALL'ACQUA E RACCOGLIE QUINDI PIÙ UMIDITÀ DELLE FIBRE SINTETICHE. PER QUESTO, È MENO COMUNE CHE SI CARICHI STATICAMENTE.



OH!

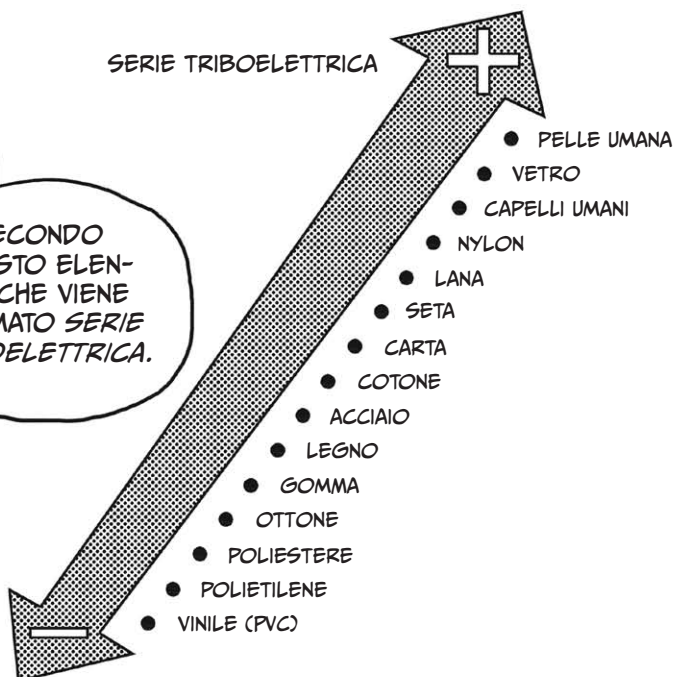


QUANDO HO SFREGATO IL VINILE SUI TUOI CAPELLI, SI SONO CREATE UNA CARICA NEGATIVA SUL FOGLIO E UNA POSITIVA NEI TUOI CAPELLI.

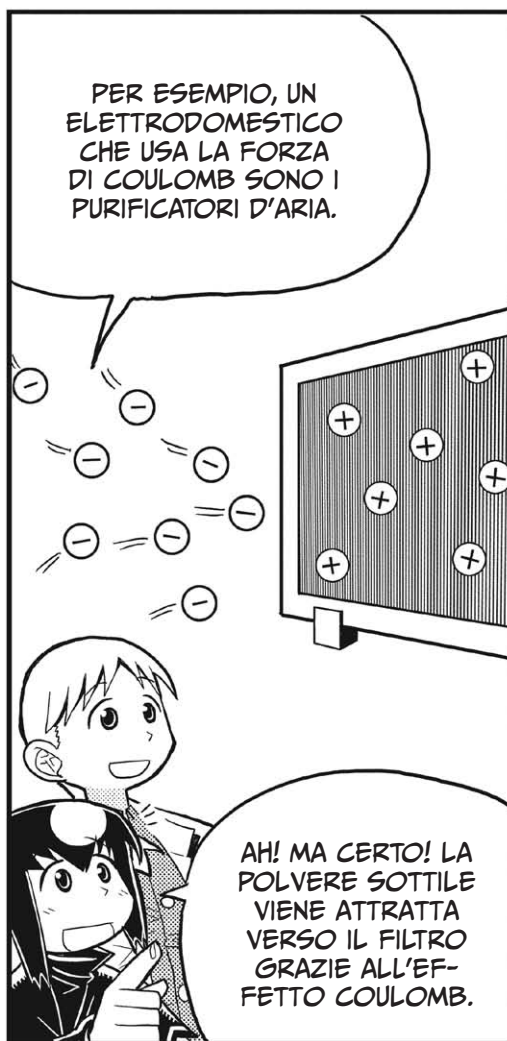
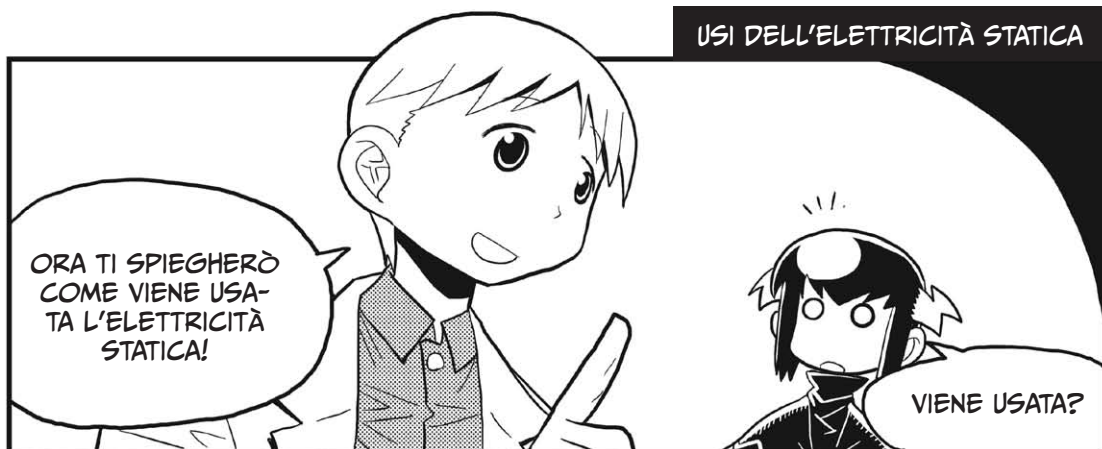
CIÒ DETTO, LA POLARITÀ DELLE CARICHE CHE SI GENERANO CAMBIA A SECONDA DEI MATERIALI CHE VENGONO SFREGATI INSIEME.

SECONDO QUESTO ELENCO CHE VIENE CHIAMATO SERIE TRIBOELETTICA.

SERIE TRIBOELETTICA



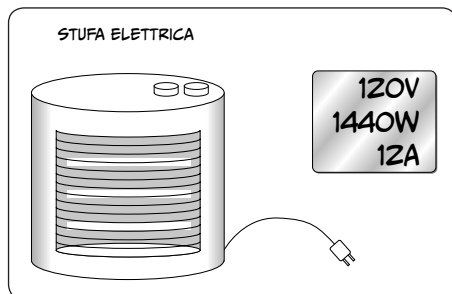






LE ETICHETTE NEI PRODOTTI ELETTRICI

I prodotti elettrici in commercio presentano etichette che riportano informazioni come la tensione di alimentazione, la corrente elettrica e la potenza: per esempio, 120V, 1440W e 12A.



L'etichetta su una stufa elettrica.

La *tensione di alimentazione*, ovvero la differenza di potenziale o “pressione” che fa fluire la corrente elettrica, è rappresentata dal simbolo V . L'unità di misura della tensione è il *volt* (V), che prende il nome dal fisico italiano Alessandro Volta, l'inventore della batteria.

L'alimentazione comunemente usata per gli elettrodomestici è 230V in Italia, 120V negli Stati Uniti e 100V in Giappone.

La *corrente* è la quantità di carica al secondo che percorre una linea elettrica, ed è rappresentata dal simbolo I , che non è altro che l'iniziale di *Intensità di corrente*. La corrente elettrica si misura in *ampere* (A), a volte abbreviato in *amp*, unità di misura che prende il nome dal fisico francese André Marie Ampère. Un ampere equivale a un coulomb al secondo.

La *potenza*, che rappresenta l'energia elettrica consumata in un secondo, è rappresentata dal simbolo P . La potenza si misura in *watt* (W) e anche qui il nome deriva da un ingegnere meccanico scozzese, James Watt, l'inventore della macchina a vapore. Un watt equivale a un joule al secondo.

Per determinare la potenza di un dispositivo basta moltiplicare la tensione per la corrente. La potenza di un dispositivo a 120V in cui scorre una corrente di 12A è

$$P = V \times I = 120V \times 12A = 1440W.$$

In ogni casa italiana si trovano molti elettrodomestici alimentati a 230V. Se dividi il valore della potenza indicato su ognuno di questi dispositivi per 230V, troverai il valore della corrente che attraversa ognuno di loro. Un dispositivo con la stessa potenza ma a 120V, secondo le stesse regole matematiche, userà quasi il doppio della corrente di un dispositivo a 230V.

Visto che $P = V \times I$, possiamo riscrivere l'equazione in questo modo.

$$I = \frac{P}{V}$$

$$\text{Per un dispositivo alimentato a 120V...} \quad I = \frac{1440W}{120V} = 12A \quad \dots \text{una corrente di 12A.}$$

$$\text{Per un dispositivo alimentato a 230V...} \quad I = \frac{1440W}{240V} = 6A \quad \dots \text{una corrente di 6A circa.}$$

PREFISSI DEL SISTEMA INTERNAZIONALE DI MISURA

1000W si può anche scrivere 1kW. Questo perché k sta per *kilo* e rappresenta 1.000, o 10^3 . Ma esistono anche altri prefissi: 3.600.000 joule (J) equivalgono a 3,6 megajoule (MJ). Questi prefissi, corrispondenti a diverse potenze di 10, si chiamano *prefissi SI*, e sono stati stabiliti in seguito ad accordi internazionali come regole per le unità di misura all'interno del *Sistema Internazionale di unità di misura (unità SI)*. I prefissi più comuni sono indicati nella tabella seguente.

PREFISSI SI PIÙ COMUNI NELLE GRANDEZZE ELETTRICHE

Simbolo	Nome	Quantità
T	tera	10^{12} = 1.000.000.000.000
G	giga	10^9 = 1.000.000.000
M	mega	10^6 = 1.000.000
k	kilo	10^3 = 1.000
m	milli	10^{-3} = 0.001
μ	micro	10^{-6} = 0.000 001
n	nano	10^{-9} = 0.000 000 001
p	pico	10^{-12} = 0.000 000 000 001

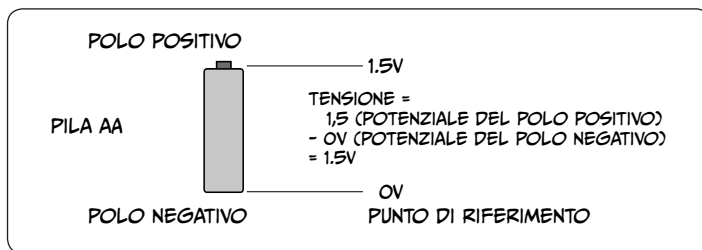
Puoi calcolare quanta *energia*, vale a dire la quantità di *lavoro*, sviluppata da un dispositivo, moltiplicando la potenza consumata con il tempo di accensione. La potenza viene spesso misurata dalle aziende fornitrici del servizio in kWh (chilowattora). Per esempio, se una stufa elettrica da 1kW viene usata per 1 ora, l'energia consumata sarà di $1\text{kW} \times 1\text{ ora} = 1\text{kWh}$.

Tuttavia, quando il tempo viene rappresentato in secondi, si può usare anche l'unità di misura Ws (watt secondo). Un watt secondo è l'equivalente di 1 *joule* (J). Per esempio, quando la stufa da 1kW viene usata per 1 ora, visto che 1 ora sono 60 minuti $\times$ 60 secondi = 3600 secondi, la quantità di energia consumata è $1\text{kW} \times 3600\text{ secondi} = 3600\text{kWs}$ o 3.600.000 joule.

Puoi calcolare quanto ti costa utilizzare un elettrodomestico moltiplicando la quantità di energia usata (in kWh) con il prezzo applicato dal tuo gestore (indicato per kWh) e considerando eventuali costi aggiuntivi, se vengono applicati dal gestore. Visto che in Italia mediamente il costo di 1kWh è di 30 centesimi di euro, se un dispositivo da 1kW viene usato per 1 ora, la quantità di energia utilizzata sarà di 1kWh e l'azienda energetica vi addebiterà più o meno 30 centesimi.

TENSIONE E POTENZIALE

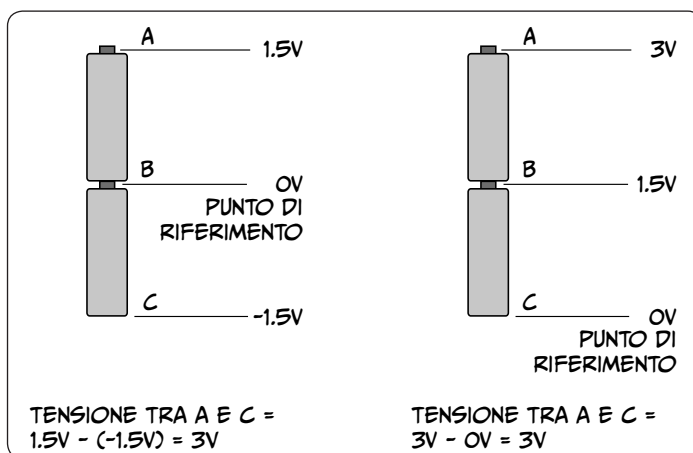
La corrente elettrica scorre dal potenziale maggiore a quello minore. La differenza di potenziale tra due punti si chiama *tensione*. Per esempio, considerando una pila tipo AA, se prendiamo come riferimento il polo negativo, allora il potenziale del polo negativo è 0V, mentre il potenziale del polo positivo è 1,5V. La differenza di potenziale tra i due poli viene chiamata *tensione nominale* della pila.



Tensione nominale di una pila AA.

Se mettiamo in serie due pile e prendiamo B come punto di riferimento, il potenziale del punto A è 1,5V, il potenziale del punto B è 0V e il potenziale del punto C -1,5V. La tensione tra i punti A e C può essere ottenuta sottraendo il potenziale del punto C dal potenziale del punto A. In questo caso, quindi, la tensione risulta essere 3V. Se scegliamo il punto C come riferimento, il potenziale del punto C è 0V, mentre i potenziali dei punti B e A saranno rispettivamente 1,5V e 3V. La tensione risultante è comunque 3V.

Maggiore è la differenza di potenziale, maggiore sarà la tensione.

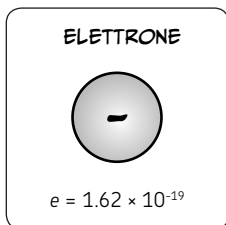


La tensione quando due pile sono messe in serie.

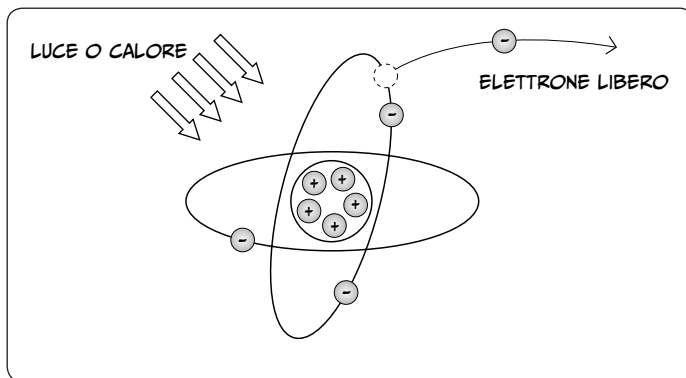
ATOMI ED ELETTRONI

Tutte le sostanze sono composte da atomi. Un *atomo* è a sua volta formato da un nucleo, un insieme di protoni e neutroni, e da elettroni. Visto che i protoni hanno carica positiva e i neutroni sono elettricamente neutri, il nucleo è in definitiva elettricamente positivo. Gli elettroni, d'altro canto, hanno carica negativa. Ma visto che la carica dei protoni è opposta e uguale a quella degli elettroni, un atomo generalmente è neutro.

Gli elettroni si muovono intorno al nucleo secondo orbite che sono chiamate *orbitali elettronici*. Visto che gli elettroni che si trovano sugli orbitali più esterni subiscono un'attrazione inferiore da parte del nucleo (rispetto agli elettroni degli orbitali interni), questi possono staccarsi dall'orbita se sottoposti a una fonte energetica esterna, come la luce o il calore. Un elettrone che si stacca dalla sua orbita può muoversi liberamente e per questo viene chiamato *eletttrone libero*. In sostanze come il rame, o altri metalli, attraverso cui la corrente scorre senza problemi, ci sono molti elettroni liberi, e in



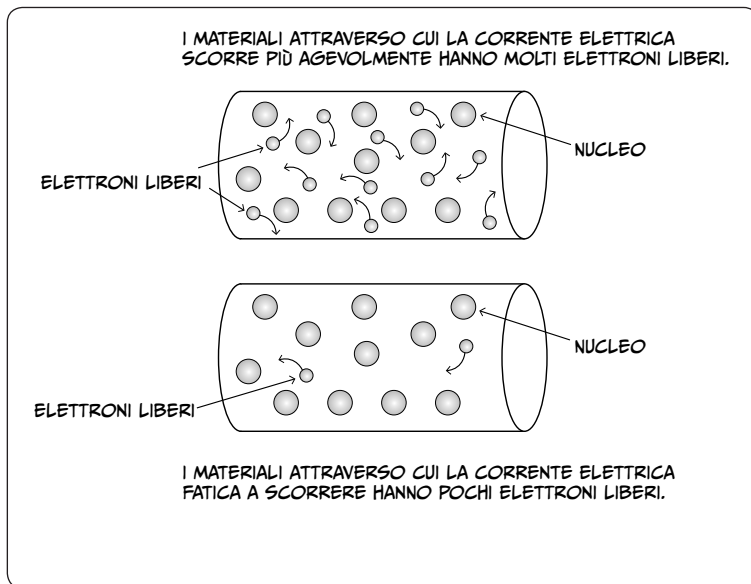
La più piccola quantità di carica elettrica esistente in natura è l'elettrone.



Il distacco di un elettrone.

presenza di tensione gli elettroni liberi si muoveranno tutti in una direzione. La corrente elettrica si muove lungo un cavo elettrico secondo questo principio. L'orbitale esterno di un atomo è anche chiamato *orbitale di valenza*, e gli elettroni che orbitano al suo interno sono chiamati *elettroni di valenza*.

Il numero totale di elettroni di un atomo corrisponde al suo numero atomico. Anche se esistono molti atomi con un numero atomico elevato e quindi un elevato numero di elettroni, queste sostanze non sono necessariamente quelle attraverso cui la corrente elettrica scorre più facilmente. Questa caratteristica dipende infatti dal numero di elettroni di valenza.

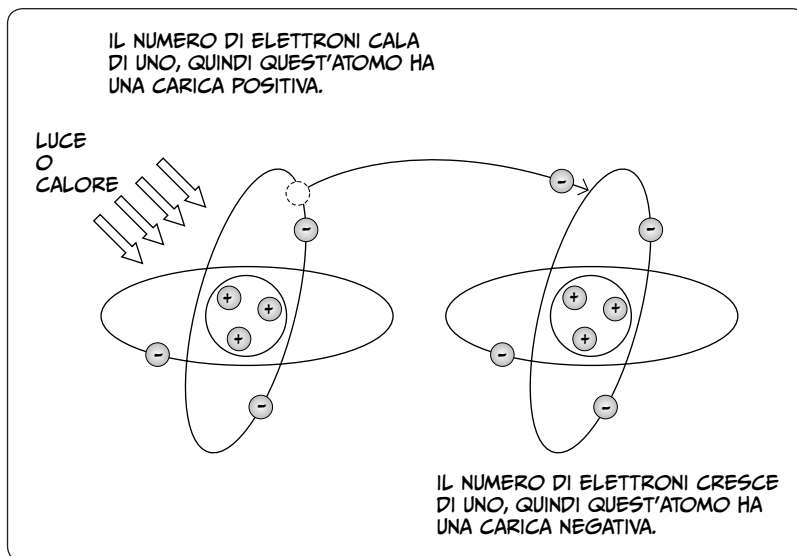


Materiali diversi hanno quantità diverse di elettroni liberi.

L'ELETTRICITÀ STATICA

Quando due materiali diversi vengono strofinati insieme, gli atomi si scontrano e gli elettroni che si staccano più facilmente possono trasferirsi dagli atomi di una sostanza a quelli dell'altra.

Quando ciò accade, il materiale che ha perso elettroni si carica positivamente, mentre il materiale che ha acquistato elettroni si carica negativamente. Un materiale che trasporta elettricità in questo modo viene definito *caricato*, e visto che l'elettricità non si muove (non scorre), siamo in presenza di *elettricità statica*. La quantità di carica positiva generata in questo processo è sempre identica alla quantità di carica negativa. Visto che l'elettricità statica si genera per sfregamento, viene spesso chiamata *elettricità per strofinio* o per *sfregamento*.

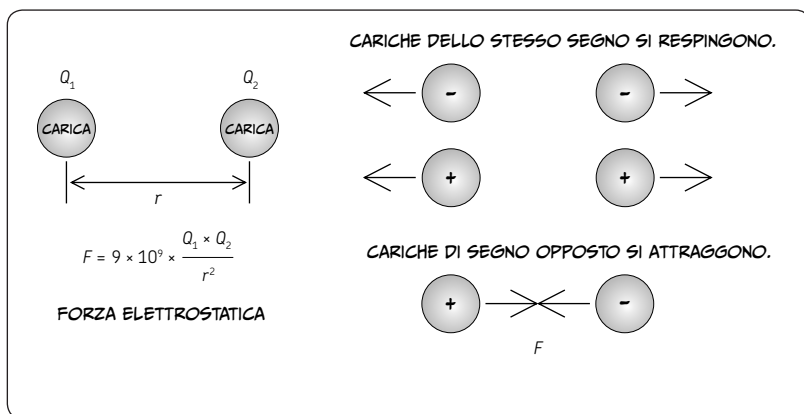


Il movimento degli elettroni e la carica elettrica.

LA FORZA ELETTROSTATICA

La carica elettrica si misura in *coulomb*, e si rappresenta con la lettera Q , la quantità di carica. Il nome dell'unità di misura deriva da Charles Augustin de Coulomb, un fisico francese che studiò l'elettricità.

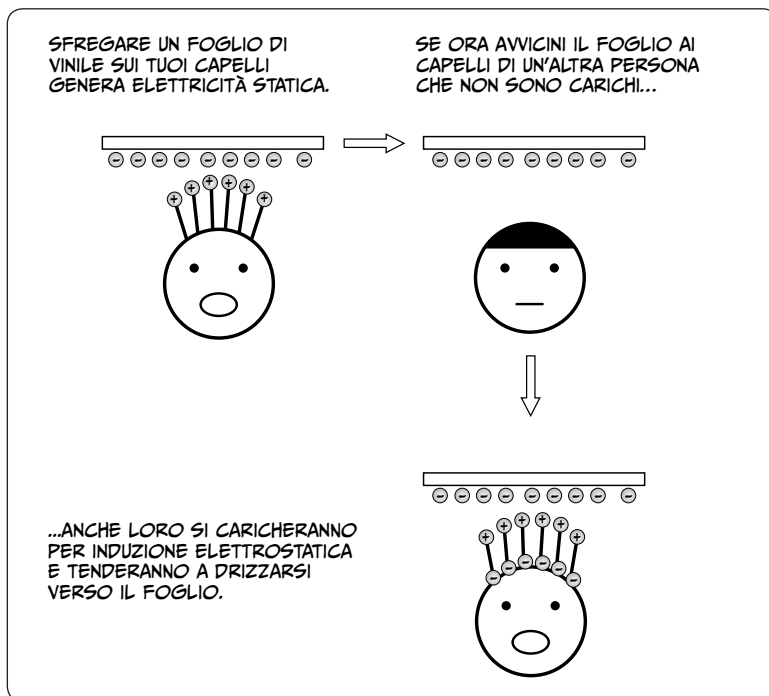
Una forza chiamata *forza elettrostatica* (chiamata anche *forza di Coulomb*) agisce tra due cariche. Questa forza fa sì che due cariche dello stesso tipo si respingano, mentre al contrario cariche di segno opposto si attraggano. Il valore della forza elettrostatica F di attrazione o di repulsione (espresso nell'unità di misura chiamata *newton*) che agisce tra due cariche Q_1 e Q_2 è direttamente proporzionale al prodotto di Q_1 e Q_2 e inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra le due cariche (r , in metri). Più forti sono le cariche, e minore la distanza che le separa, più forte sarà la forza elettrostatica. Questo principio passa sotto al nome di *Legge di Coulomb*, in relazione all'elettricità statica.



Forza elettrostatica che agisce tra due cariche e Legge di Coulomb.

Se creiamo elettricità statica sfregando un foglio di vinile sui capelli di una persona, i capelli si caricano positivamente mentre il foglio assume carica negativa. Di conseguenza, i capelli si attaccano al foglio di vinile per via della forza elettrostatica.

Inoltre, avvicinando il foglio di vinile caricato negativamente ai capelli di una persona non ancora caricati, i capelli si caricheranno positivamente e si attaccheranno al foglio. Questo fenomeno per cui un oggetto privo di carica si polarizza in prossimità di un altro oggetto carico si chiama *induzione elettrostatica*.

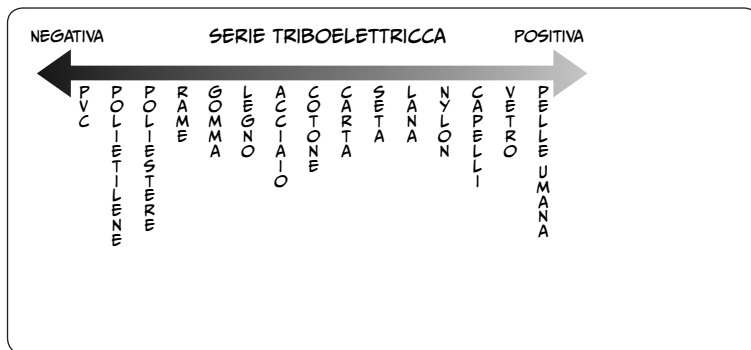


Induzione elettrostatica.

LA SERIE TRIBOELETTICA

L'elettricità statica si genera più facilmente se l'atmosfera è secca, perché l'umidità impedisce all'elettricità statica di formarsi su una superficie. Inoltre, alcuni tessuti si caricano più facilmente di altri, a seconda del materiale con cui sono fatti. Visto che la seta assorbe facilmente l'acqua e trattiene l'umidità molto di più rispetto alle fibre sintetiche, nei vestiti in seta l'elettricità statica si genera più raramente.

La polarità delle cariche che si generano per frizione cambia a seconda dei materiali che vengono sfregati insieme, secondo uno schema riassunto dalla *serie triboelettrica*. Per esempio, se a entrare in contatto sono il cotone e i capelli, i capelli si caricheranno positivamente e il cotone negativamente. Se invece a essere sfregati insieme sono cotone e vinile, il cotone assumerà carica positiva, mentre il vinile si caricherà negativamente.



La serie triboelettrica.

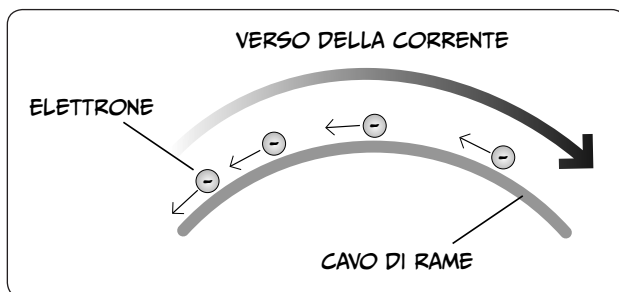
Maggiore sarà la distanza dei materiali all'interno della serie, maggiore sarà l'elettricità statica che si genera tra loro. A distanza minore, invece, corrisponde una minore elettricità statica. In altre parole, puoi ridurre la possibilità che si generi elettricità statica indossando indumenti realizzati in materiali vicini tra loro nella serie triboelettrica.

I MOVIMENTI DI CARICHE E IL VERSO DELLA CORRENTE ELETTRICA

Anche i fulmini sono una delle conseguenze dell'elettricità statica. Un fulmine nasce quando l'elettricità statica formata dalla frizione tra le particelle di ghiaccio presenti in una nuvola si scarica tra la nuvola e il terreno. In quei casi l'aria (un isolante attraverso cui l'elettricità si propaga con difficoltà) che separa le cariche positive e negative rende questo tipo di fenomeni occasionali.

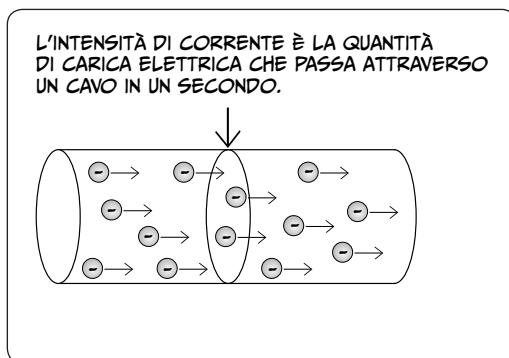
Ma quando la carica aumenta, la differenza di potenziale tra le cariche positive e negative diventa sempre maggiore al punto da superare le proprietà di isolamento dell'aria: questo è il momento in cui si genera il fulmine. Il fenomeno per cui si assiste a un flusso continuo di cariche è chiamato *scarica elettrica*. Un flusso continuo di elettroni viene anche chiamato *corrente*.

La corrente elettrica scorre dal polo positivo a quello negativo. Gli scienziati hanno scoperto che gli elettroni, invece, si muovono dal polo negativo al polo positivo. Quindi, la direzione degli elettroni è in realtà opposta al verso in cui va la corrente.



Direzione della corrente e direzione degli elettroni.

L'intensità di corrente è per definizione la quantità di carica elettrica che passa attraverso un conduttore in un secondo.



Intensità di corrente.

Per esempio, quando una carica di 1C attraversa un punto definito, l'intensità di corrente I può essere calcolata dividendo la carica (Q) espressa in coulomb per il tempo (t) espresso in secondi, come segue.

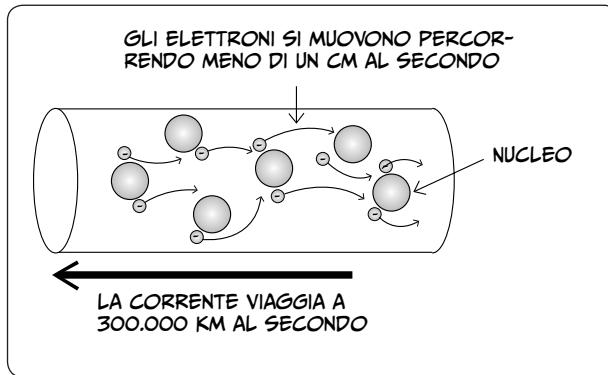
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} = 1\text{A}$$

Il numero di elettroni corrispondente a una corrente di 1A può essere ottenuto dividendo 1C per la quantità di carica di 1 elettrone.

$$\frac{1\text{C}}{1.602 \times 10^{-19}\text{C/elettroni}} = 6.24 \times 10^{18} \text{ elettroni}$$

In altre parole, a una corrente di 1A corrisponde un flusso di $6,24 \times 10^{18}$ elettroni al secondo.

La velocità degli elettroni è molto bassa (meno di 1cm al secondo). Tuttavia, la velocità a cui si propaga il campo elettrico è uguale alla velocità della luce: 300.000 km al secondo. Quindi, in definitiva la corrente scorre a 300.000km al secondo (la velocità della luce).



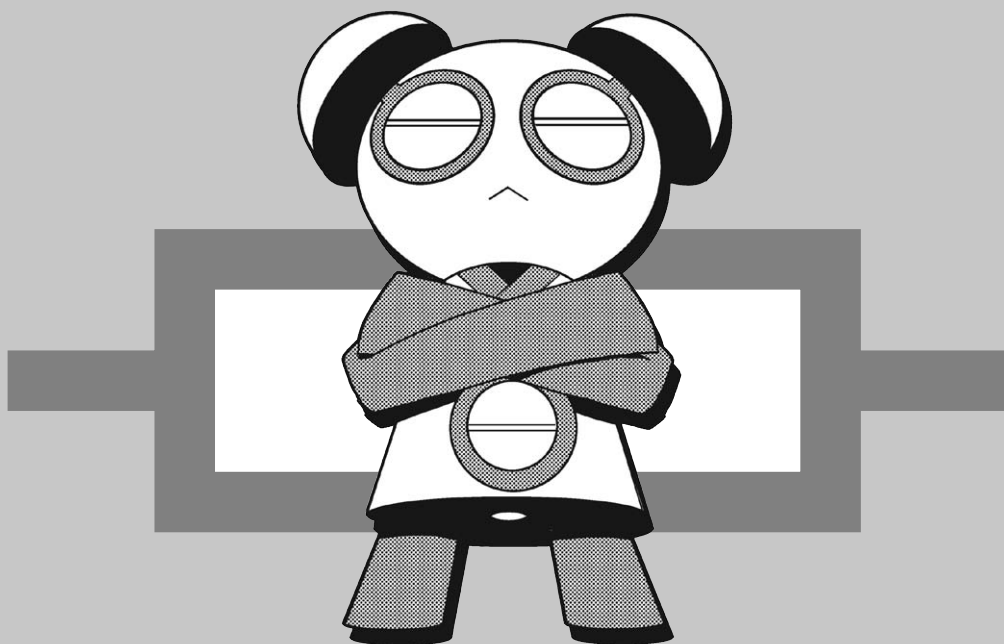
Velocità degli elettroni e velocità della corrente.

Anche se la corrente, di per sé, non è visibile a occhio nudo, il calore e la luce sono spesso generati da un flusso di cariche. Per questo si può dire che l'esistenza dell'elettricità è confermata dall'osservazione dei fenomeni generati dalla corrente.



2

**CHE COSA SONO I CIRCUITI
ELETTRICI?**



I CIRCUITI ELETTRICI NEI
DISPOSITIVI DI USO QUOTIDIANO.



GRAZIE PER AVERMI
PRESTATO QUESTI
VESTITI!

ERA INEVITABILE!
CON QUELLA TUA
DIVISA STRAMBA
SALTAVI TROPPO
ALL'OCCHIO.

MOLTI ABITANTI DI
ELECTOPIA SI SONO
TRASFERITI SULLA
TERRA E NON HANNO
MAI AVUTO PROBLEMI
CON IL LORO ABBIGLIAMENTO!

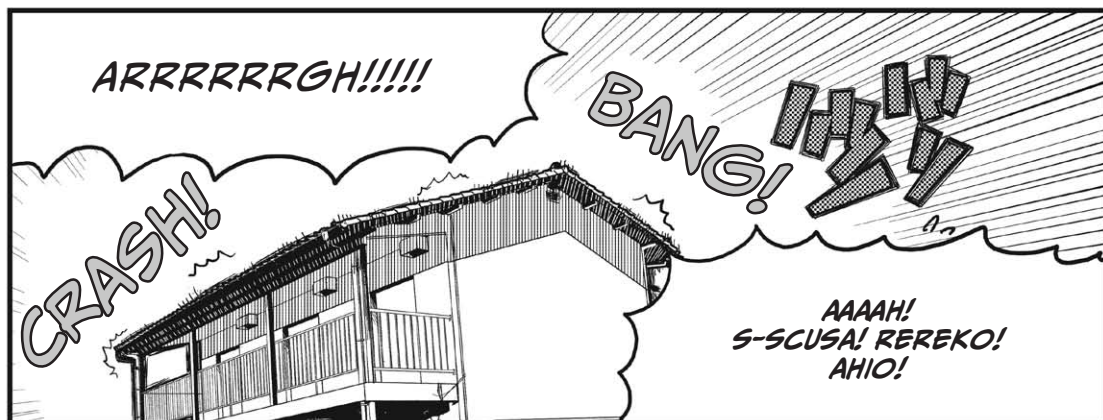
SUL SERIO?!

DICI DAVVERO?

MA CERTO!
FREQUENTANO POSTI
COME HARAJUKU...

CAPISCO...





IL CIRCUITO DI UNA TORCIA

SE APROSSIMO QUESTA TORCIA TROVEREMMO QUALCOSA DEL GENERE...

È COSÌ SEMPLICE?!

UNA TORCIA È FATTA DA COMPONENTI ELETTRICI (CHIAMATI BATTERIE), UNA LAMPADINA MINIATURIZZATA, E UN INTERRUETTORE.

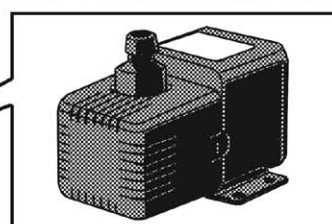
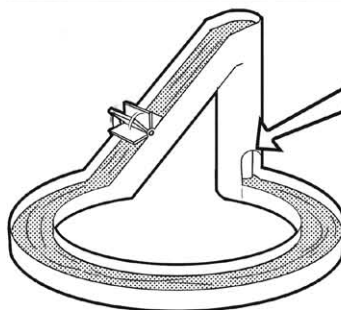
INTERRUTTORE

LAMPADINA

BATTERIE

OKAY...

UNA BATTERIA È UN COMPONENTE IN CUI È PRESENTE UNA TENSIONE (CIOÈ UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE).

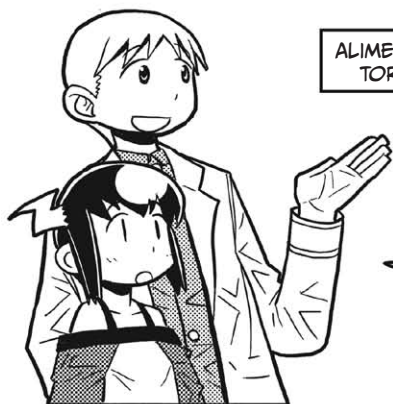


POMPA D'ACQUA = BATTERIA

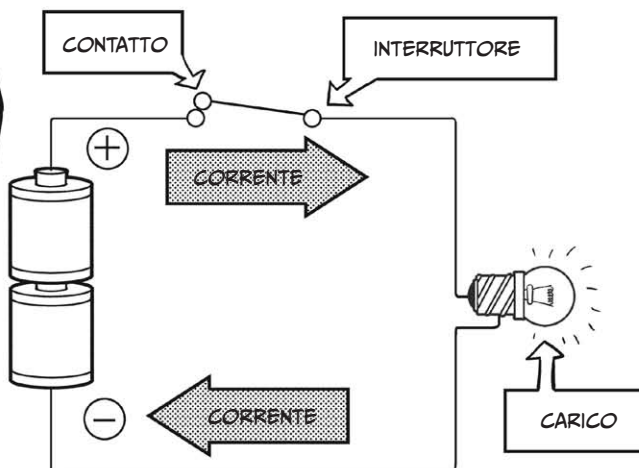
SE LA CONSIDERIAMO IN TERMINI "IDRICI", UNA BATTERIA CORRISPONDE A UNA POMPA CHE ESTRAE L'ACQUA DA UN POZZO.



QUANDO L'INTERRUTTORE È CHIUSO, LA CORRENTE PARTE DAL POLO POSITIVO DELLA BATTERIA, PASSA ATTRAVERSO LA LAMPADINA E L'INTERRUTTORE, E RITORNA AL POLO NEGATIVO.



ALIMENTATORE



IL PERCORSO ATTRAVERSATO DALLA CORRENTE PRENDE IL NOME DI CIRCUITO ELETTRICO, E HA SEMPRE UNA FORMA CHIUSA (CIRCUITO CHIUSO).

COMPONENTI DI UN CIRCUITO ELETTRICO

LA TENSIONE AI CAPI DELL'ALIMENTATORE VIENE CHIAMATA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE O FORZA ELETTROMOTRICE.

AL PASSAGGIO DELLA CORRENTE, NEL CARICO L'ENERGIA ELETTRICA SI TRASFORMA IN LUCE E/O CALORE... ECCO L'EFFETTO DELLA BATTERIA SULLA LAMPADINA.

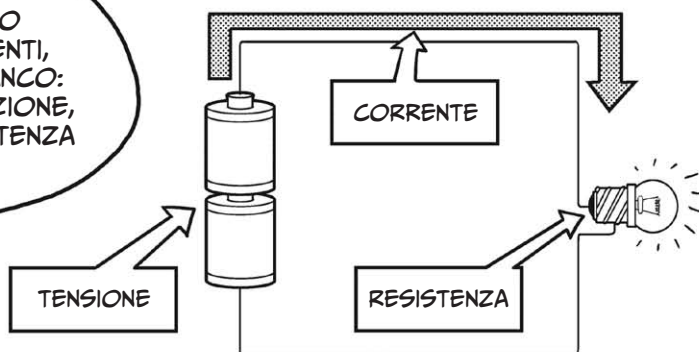
CAPISCO! NELLA TORCIA IL CARICO È RAPPRESENTATO DALLA LAMPADINA, GIUSTO?

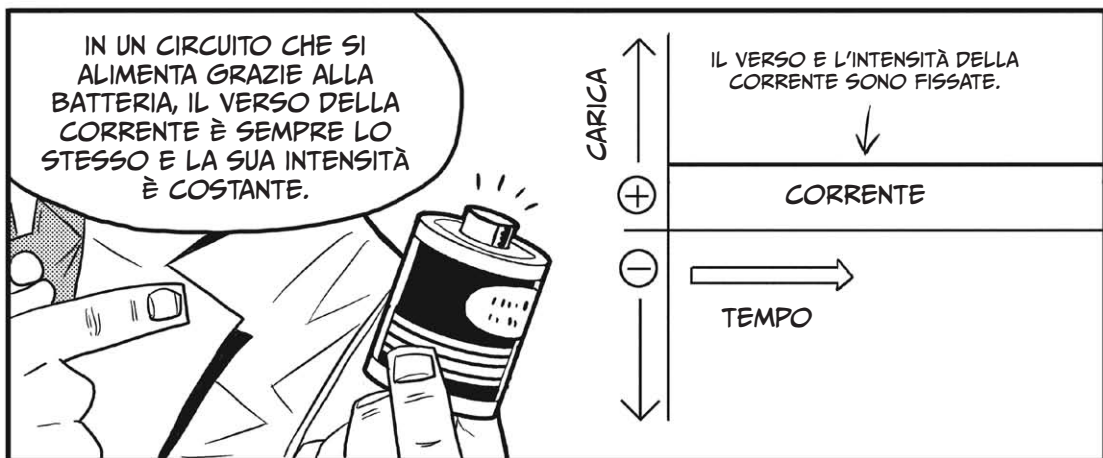
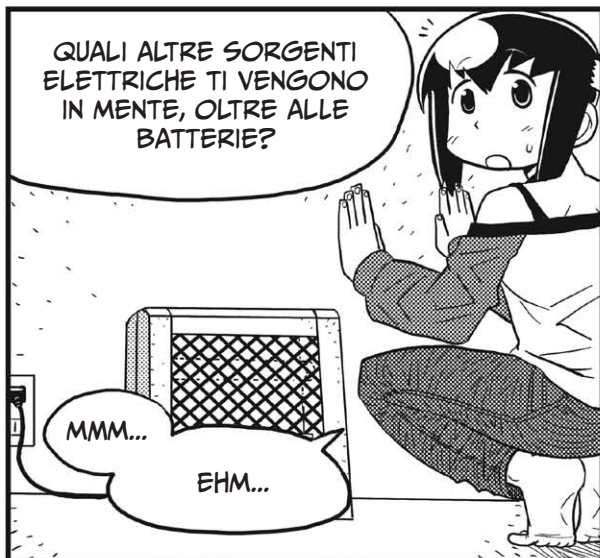


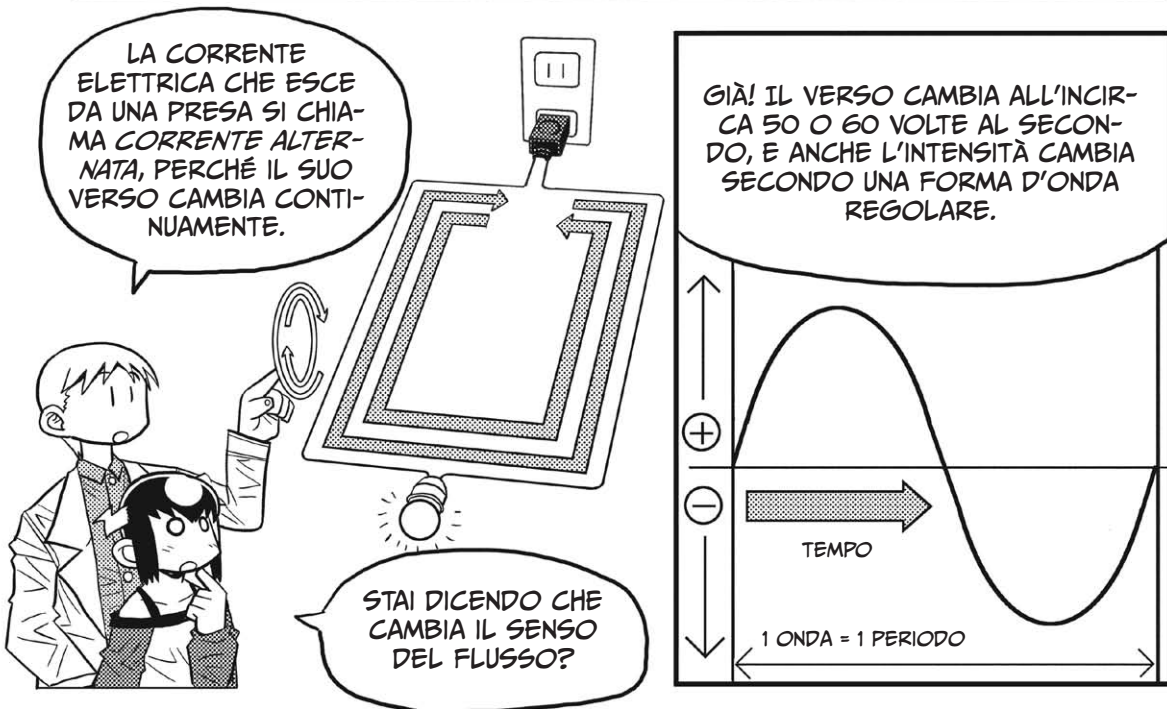
ESATTO!

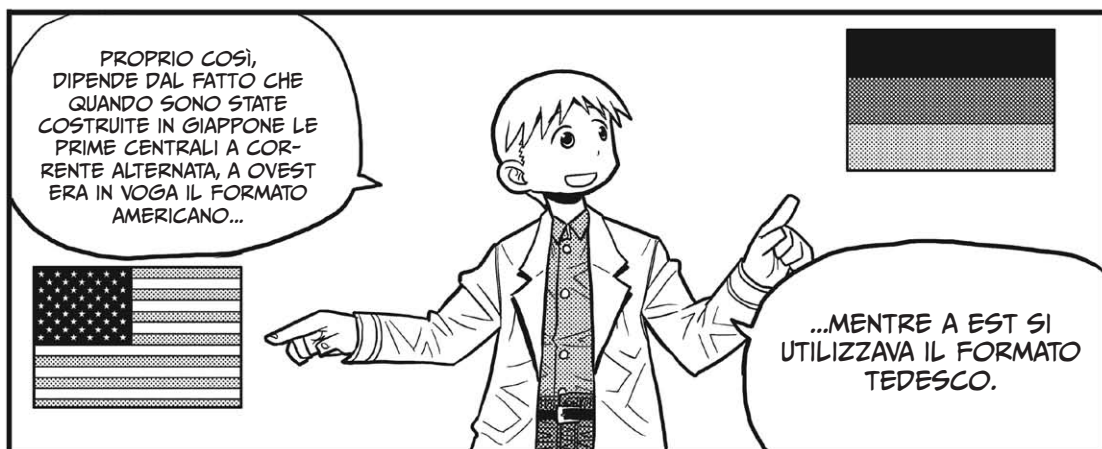
IL CARICO HA ANCHE UNA PROPRIETÀ CHE SI OPPONE ALLO SCORRERE DELLA CORRENTE E CHE SI CHIAMA RESISTENZA ELETTRICA.





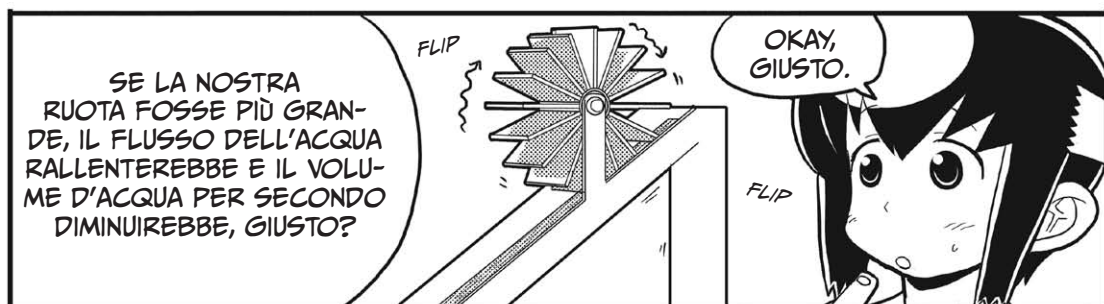
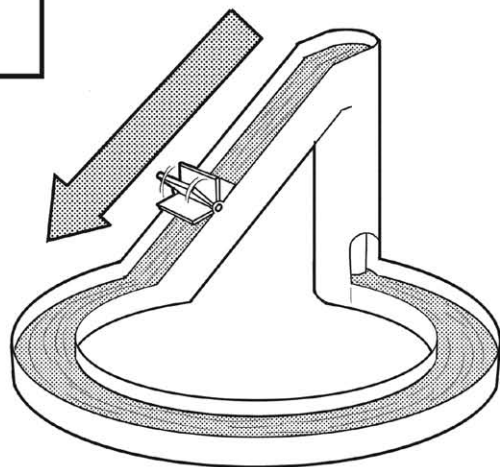


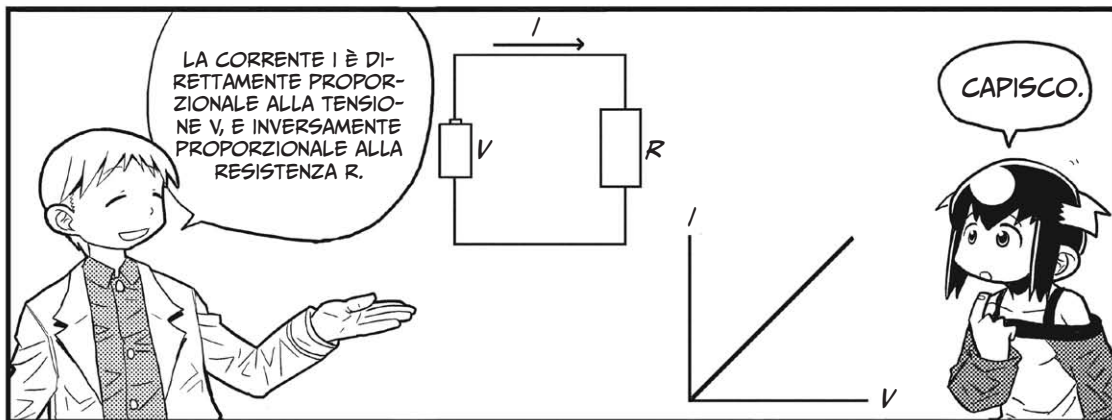






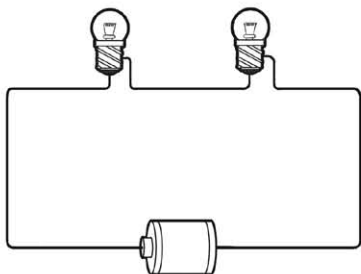
LA LEGGE DI OHM E I METODI PER COLLEGARE I COMPONENTI ELETTRICI



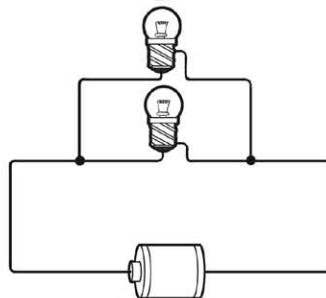


ESISTONO
PRINCIPALMENTE DUE MODI
CON CUI SI POSSONO
COLLEGARE I COMPONENTI
ELETTRICI DI UN CIRCUITO.

QUALI SONO?



PUOI COLLEGARE IN
SERIE DUE RESISTENZE,
METTENDOLE UNA DOPO
L'ALTRA...



...O PUOI COLLEGARLE IN
PARALLELO, METTENDOLE
UNA DI FIANCO ALL'ALTRA.

COSA CAMBIA?

IL MODO IN CUI LA
CORRENTE LE ATTRAVERSA E
QUELLO IN CUI LA TENSIONE
SI APPLICA SU DI LORO!

COLLEGAMENTO IN SERIE

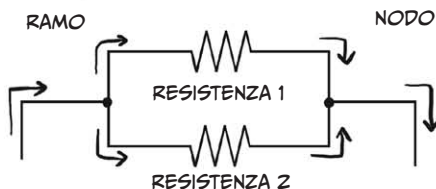


L'INTENSITÀ DELLA
CORRENTE NON CAMBIA

CORRENTE DI ALIMENTAZIONE = CORRENTE NELLA
RESISTENZA 1 = CORRENTE NELLA RESISTENZA 2

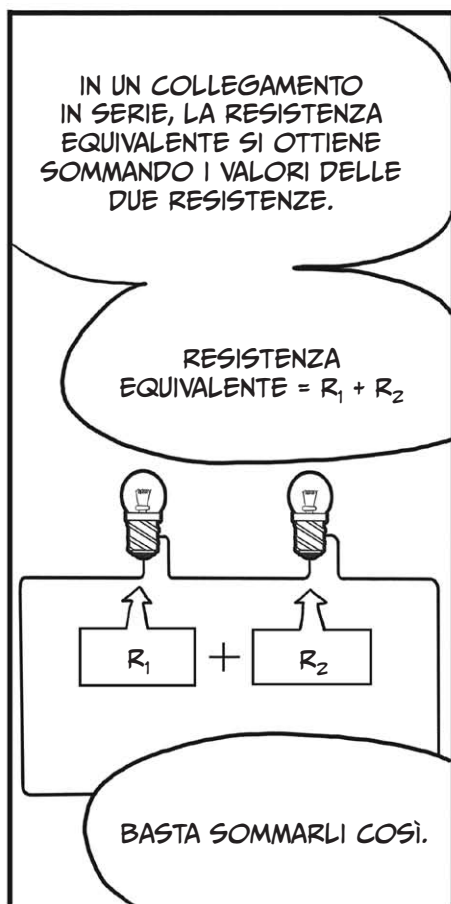
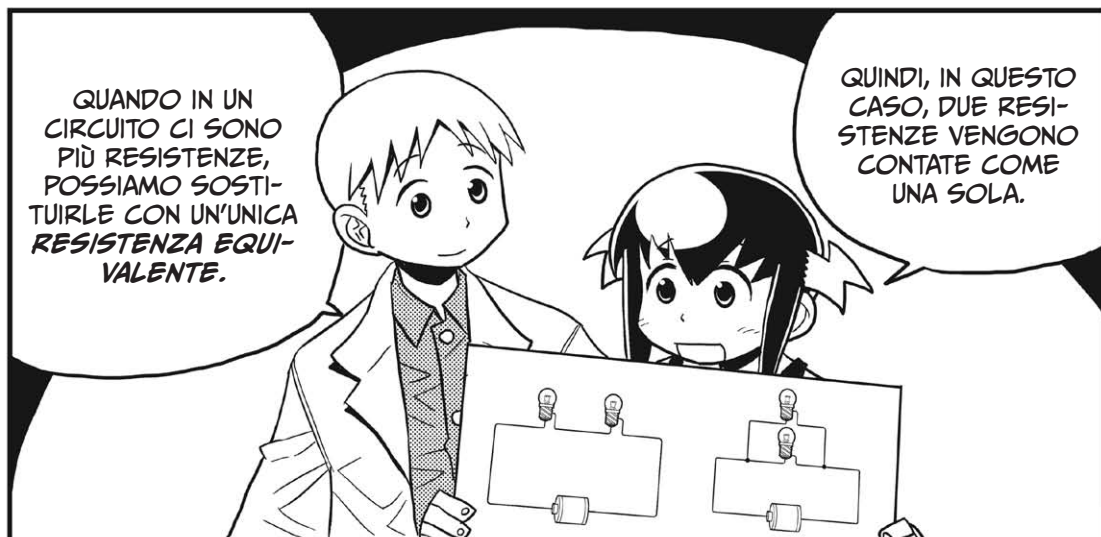
TENSIONE DI ALIMENTAZIONE = TENSIONE SULLA
RESISTENZA 1 + TENSIONE SULLA RESISTENZA 2

COLLEGAMENTO IN PARALLELO



CORRENTE DI ALIMENTAZIONE = CORRENTE NELLA
RESISTENZA 1 + CORRENTE NELLA RESISTENZA 2

TENSIONE DI ALIMENTAZIONE = TENSIONE SULLA
RESISTENZA 1 = TENSIONE SULLA RESISTENZA 2



LA FORMULA DIVENTA COSÌ:

$$\text{RESISTENZA EQUIVALENTE} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

(PRODOTTO / SOMMA)

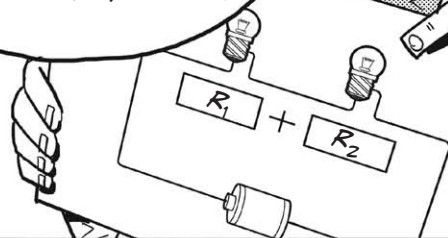


BE', DEVI
PRENDERCI UN PO'
LA MANO, NO?

UFFA

OKAY...

SE COLLEGO IN SE-
RIE DUE LAMPADINE
IDENTICHE, IL VALORE
DELLA RESISTENZA
RADDOPPIA, GIUSTO?



1 LAMPADINA



LUMINOSO

2 LAMPADINE



FIOCO

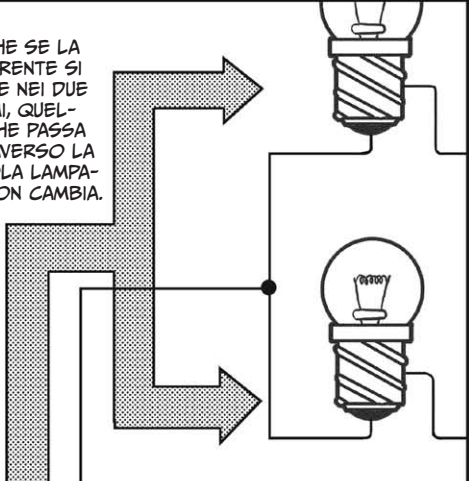
IN QUESTO CASO,
VISTO CHE LA CORRENTE SI
DIMEZZA, LA LUMINOSITÀ DELLE
DUE LAMPADINE SARÀ MINORE
RISPETTO AL CASO IN CUI SOLO
UNA LAMPADINA È COLLEGATA.

PER OTTENERE LA
STESSA LUMINOSITÀ
CON DUE LAMPADINE
COLLEGATE DOBBIAMO
RADDOPPIARE LA
TENSIONE.

CLICK

SE COLLEGHIAMO LE LAMPADINE IN PARALLELO, RICEVERANNO ENTRAMBE LA STESSA TENSIONE E, VISTO CHE SONO ATTRAVERSE DALLA STESSA CORRENTE LA LUMINOSITÀ NON CAMBIA. MA LA CORRENTE TOTALE SARÀ RADDOPPIATA.

ANCHE SE LA CORRENTE SI DIVIDE NEI DUE RAMI, QUELLA CHE PASSA ATTRAVERSO LA SINGOLA LAMPADINA NON CAMBIA.



IN ALTRE PAROLE, IL NOSTRO ALIMENTATORE DOVRÀ FORNIRE IL DOPPIO DELLA CORRENTE.

QUESTI METODI DI COLLEGAMENTO HANNO PROPRIETÀ SPECIFICHE, VERO?

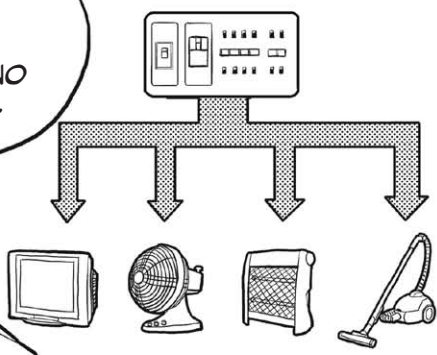
ANCHE UN SEMPLICE ELETTRODOMESTICO AGISCE COME UNA RESISTENZA. POSSIAMO COLLEGARNE MOLTI IN PARALLELO AL QUADRO ELETTRICO.



COSÌ TUTTI I NOSTRI DISPOSITIVI RICEVERANNO UNA TENSIONE DI 230V.

HO CAPITO!

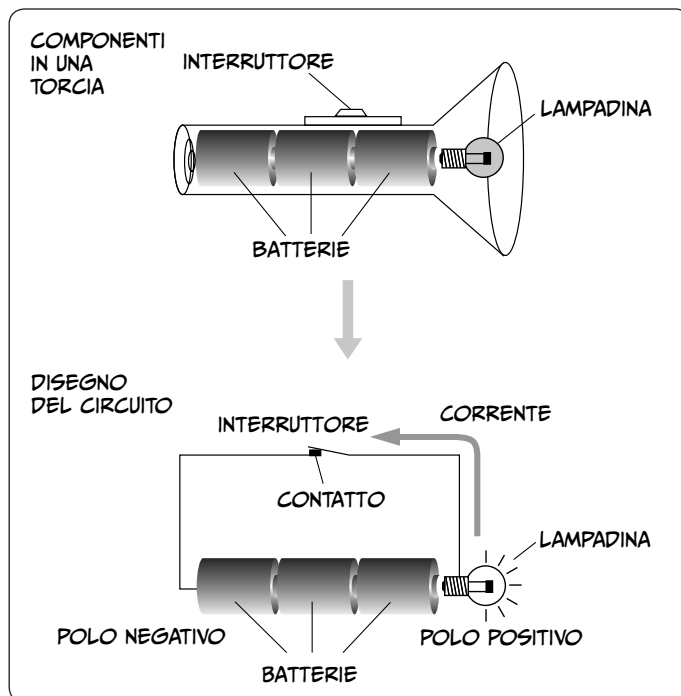
TUTTI A 230V



I CIRCUITI ELETTRICI E LA CORRENTE

I componenti elettrici che si trovano in una torcia sono le batterie (pile), una piccola lampadina e un interruttore. La batteria può fornire corrente elettrica, e per questo viene anche chiamata *alimentatore*. La lampadina emette luce quando viene attraversata dalla corrente elettrica. L'interruttore è un componente che blocca o consente il passaggio della corrente, a seconda dell'apertura e della chiusura del contatto.

Quando l'interruttore è chiuso, la corrente esce dal polo positivo della batteria, attraversa la lampadina e l'interruttore ed infine entra nel polo negativo. Il percorso attraversato dalla corrente prende il nome di *circuito elettrico*, che ha sempre un percorso chiuso (*circuito chiuso*).



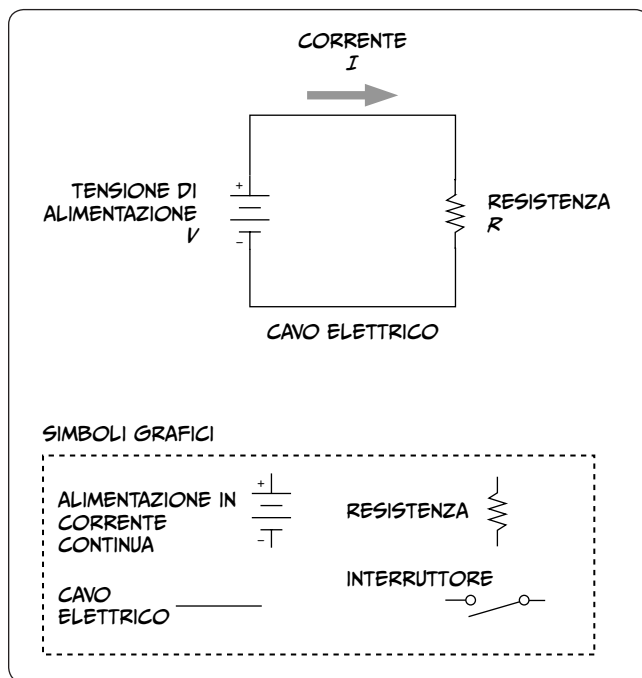
Circuito elettrico di una torcia.

SIMBOLI GRAFICI

Un semplice circuito elettrico si compone di tre elementi: la tensione di alimentazione, la corrente e la resistenza elettrica. Questi elementi sono collegati attraverso dei fili conduttori.

La tensione di alimentazione che genera la corrente elettrica prende anche il nome di *forza elettromotrice*. L'elemento che trasforma l'energia elettrica in luce e/o calore quando viene attraversato dalla corrente si chiama *carico* (i carichi possono convertire l'energia elettrica anche in altre cose, per esempio suono o movimento). Il carico ha una proprietà che ostacola il passaggio della corrente e prende il nome di *resistenza elettrica*, o più semplicemente *resistenza*. La resistenza si rappresenta con il simbolo R e si misura in *ohm* (Ω), dal nome del fisico tedesco Georg Simon Ohm.

Creare una rappresentazione realistica di un circuito elettrico richiede tempo e fatica. Per farlo sono stati creati dei simboli grafici riconosciuti e che in quanto tali permettono a chiunque di comprendere facilmente il disegno di un circuito realizzato da qualcun altro.



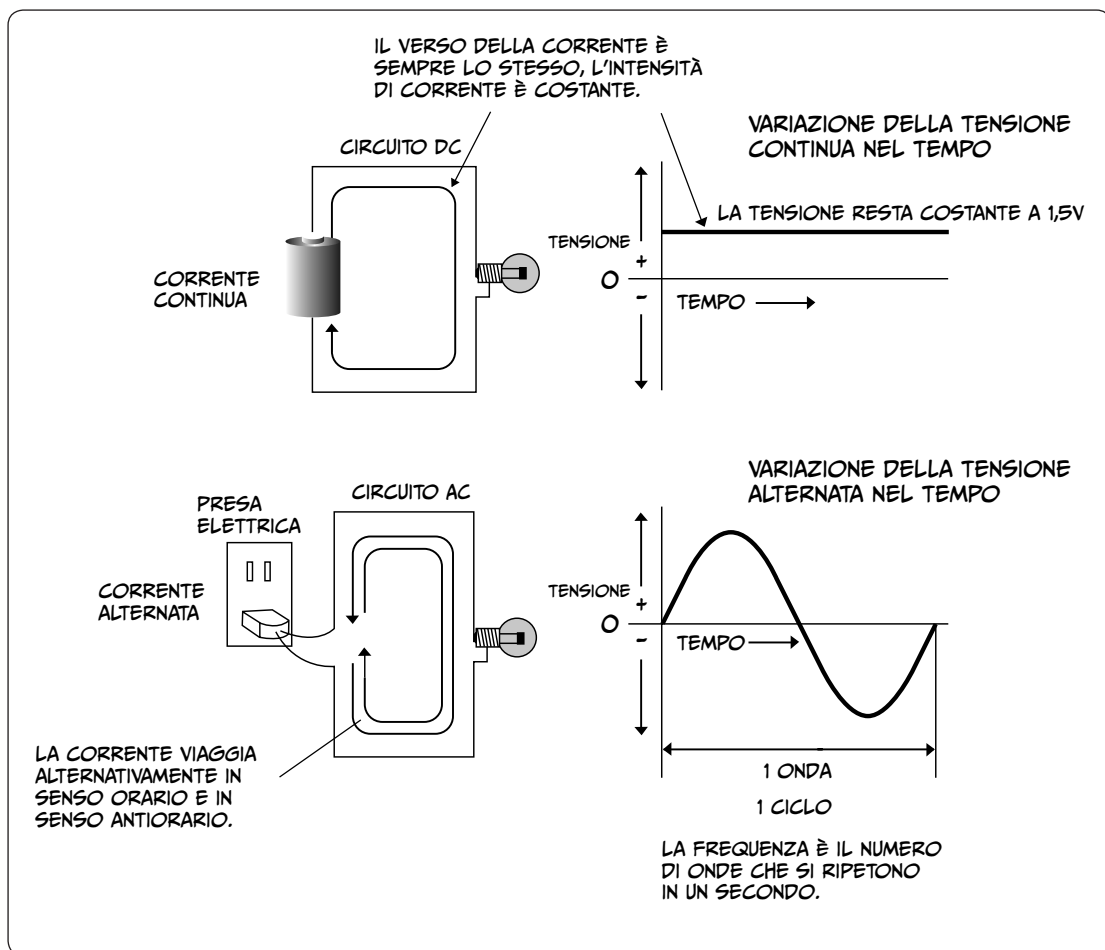
Simboli grafici di un circuito elettrico.

Dispositivi che sfruttano le proprietà delle resistenze sono per esempio le stufe elettriche e i tostapane. L'elemento riscaldante che si trova al loro interno si occupa di convertire l'energia elettrica in energia termica, quando la corrente attraversa la resistenza elettrica. Sottolineiamo che anche il cavo elettrico possiede una sua resistenza: anche se il suo valore è molto piccolo, anche il cavo si riscalda quando è attraversato dalla corrente.

I CIRCUITI A CORRENTE CONTINUA E I CIRCUITI A CORRENTE ALTERNATA

Il verso in cui si muove la corrente all'interno di un circuito alimentato da una batteria è fisso e l'intensità della corrente è sempre costante. Quando il verso della corrente e la sua intensità sono fissi, siamo in presenza di *corrente continua (DC)*. Un circuito in cui circola corrente continua viene chiamato *circuito in corrente continua*. Un alimentatore che genera corrente continua (per esempio una batteria) si chiama *generatore di corrente continua*.

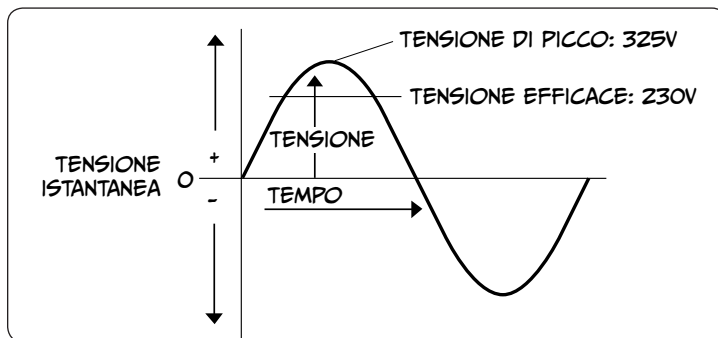
Una di tipo D o di tipo AA presenta una tensione di alimentazione di 1,5V DC.



Corrente continua e corrente alternata.

D'altro canto, il verso e l'intensità della corrente fornita dal gestore per uso domestico cambiano ciclicamente. Questo tipo di corrente prende il nome di *corrente alternata* (AC) e un circuito in cui circola corrente alternata viene chiamato *circuito in corrente alternata*. Il verso della corrente cambia 50 o 60 volte ogni secondo, e anche l'intensità della corrente varia in modo ciclico. Il numero di onde che si ripetono in un secondo prende il nome di *frequenza*, che si esprime in *hertz* (Hz) e si rappresenta con la lettera f .

Il valore della tensione alternata in un dato istante si chiama *tensione istantanea*, e il massimo valore che essa può raggiungere viene chiamato *tensione di picco*. Il valore della tensione alternata in grado di svolgere lo stesso lavoro compiuto come in continuo prende il nome di *tensione efficace*. La tensione alternata che esce da una presa domestica in Italia è normalmente di 230V, ma questo valore esprime la tensione efficace. La tensione di picco è pari a circa 325V.

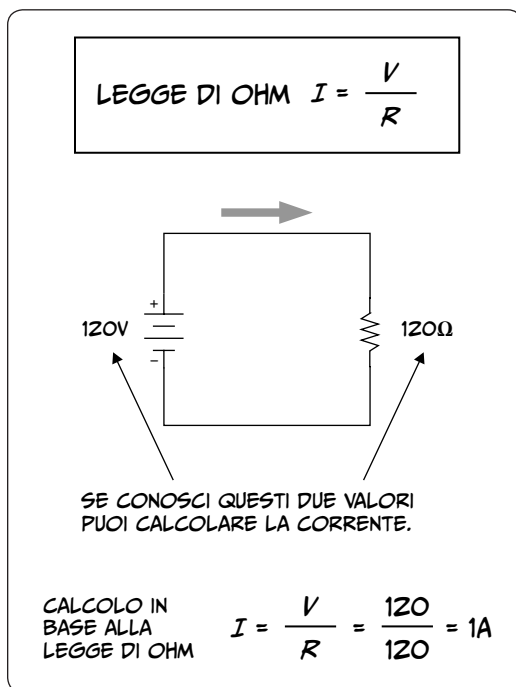


Valori della corrente alternata.

LA LEGGE DI OHM

La corrente che attraversa un circuito è direttamente proporzionale alla tensione e inversamente proporzionale alla resistenza. Questa relazione si chiama *legge di Ohm* e si esprime nella formula $I = V / R$. Si tratta di un principio basilare e molto importante dei circuiti elettrici.

Per esempio, se applico una tensione di 120V a una resistenza di 120Ω, la corrente risultante sarà $I = V / R = 120 / 120$, quindi 1A. Ogni volta che due valori tra corrente, tensione e resistenza in un circuito sono noti, grazie alla legge di Ohm sarà possibile ricavare il valore incognito.



Legge di Ohm.

RESISTIVITÀ E CONDUTTIVITÀ

I cavi elettrici presentano una resistenza molto bassa e per questo vengono usati per collegare gli elementi di un circuito. Quando una corrente piccola corre lungo un cavo, possiamo trascurare la sua resistenza. Se il cavo è percorso da una corrente elevata (e il cavo può sopportarla in sicurezza), il cavo si scaldereà.

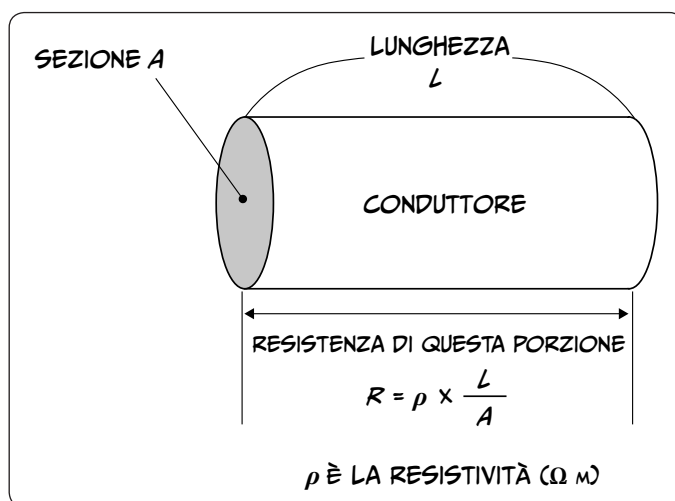
La *resistenza* (R) è una grandezza che indica la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di corrente. La resistenza (che si misura in ohm) di un conduttore lungo L metri e avente una sezione pari ad A metri quadri si può calcolare grazie alla formula $R = \rho \times L / A$.

La *resistività* misura l'attitudine del materiale a opporre resistenza al passaggio della corrente e può essere utilizzata per calcolare la resistenza di un cavo. La resistività, rappresentata dal simbolo ρ , è un valore specifico di ogni materiale e si misura in *ohm per metro* (Ωm). Da questa equazione risulta evidente che per il medesimo materiale il valore della resistenza sarà direttamente proporzionale alla lunghezza e inversamente proporzionale alla sezione.

RESISTIVITÀ (IN Ωm) DI VARI METALLI A TEMPERATURA AMBIENTE (20°C)

Oro	2.22×10^{-8}
Argento	1.59×10^{-8}
Rame	1.69×10^{-8}
Alluminio	2.27×10^{-8}
Nichel Cromo	107.5×10^{-8}

La *conduttanza* (G), in contrapposizione alla resistenza, è una misura che indica la facilità con cui l'elettricità può attraversare un materiale, e si misura in *siemens* (S). La conduttività (o conducibilità), rappresentata dal simbolo σ , è l'inverso della resistività e si misura in *Siemens al metro* (S/m). La grandezza di misura siemens deve il suo nome all'inventore tedesco Ernst Werner von Siemens, ed è l'inverso dell'ohm. Anche per questo delle volte viene chiamata *mho* e può essere rappresentata con i simboli $\mathfrak{U}$ or Ω^{-1}).



Resistività e conduttività.

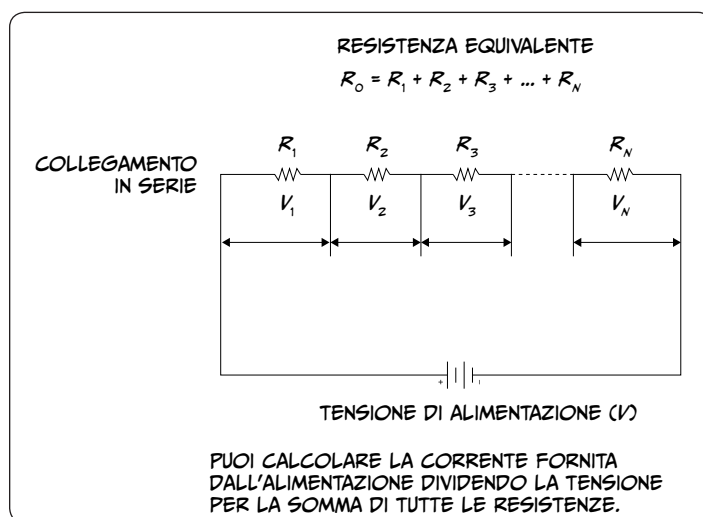
LA RESISTENZA EQUIVALENTE

Esistono principalmente due metodi per collegare insieme i componenti elettrici. Analizziamoli entrambi prendendo in considerazione la resistenza. Quando in un circuito ci sono più resistenze, queste possono essere sostituite da una singola *resistenza equivalente*.

Il collegamento di due o più resistenze in fila è detto *collegamento in serie*. Puoi calcolare il valore della resistenza equivalente sommando i valori delle singole resistenze.

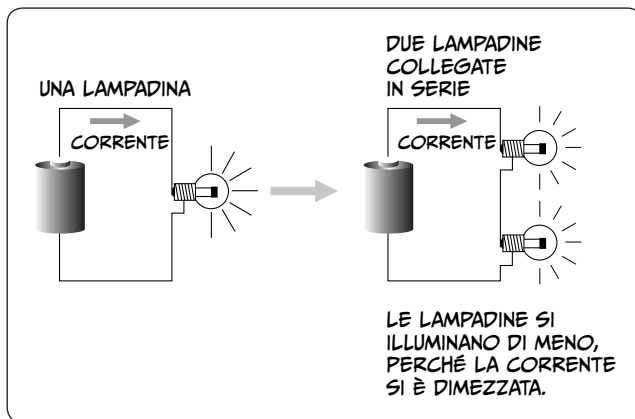
$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

In questi casi l'intensità della corrente che attraversa ognuna delle resistenze è la stessa. La tensione di alimentazione è la tensione divisa tra le varie resistenze.



Collegamento in serie e resistenza equivalente.

Se due lampadine di pari potenza vengono collegate in serie a un alimentatore, la corrente si dimezzerà, e ognuna delle due lampadine produrrà meno luce rispetto al collegamento di una singola lampadina. Questo per effetto del raddoppio della resistenza equivalente. In questo caso la tensione ai capi di ognuna delle due lampadine sarà pari alla metà della tensione di alimentazione.



Lampadine collegate in serie.

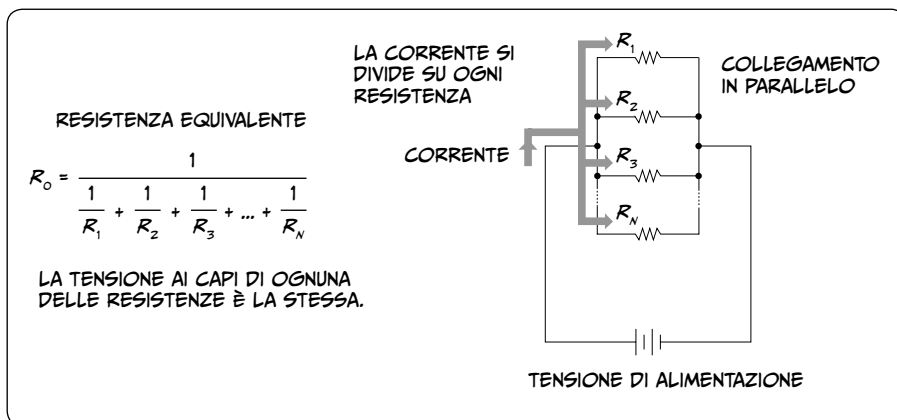
L'altro metodo fondamentale per collegare due resistenze si chiama *collegamento in parallelo*. Stavolta il valore della resistenza equivalente si può ottenere calcolando il reciproco della somma dei reciproci delle resistenze.

$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Se abbiamo due resistenze connesse in parallelo la formula per ottenere la resistenza equivalente diventa:

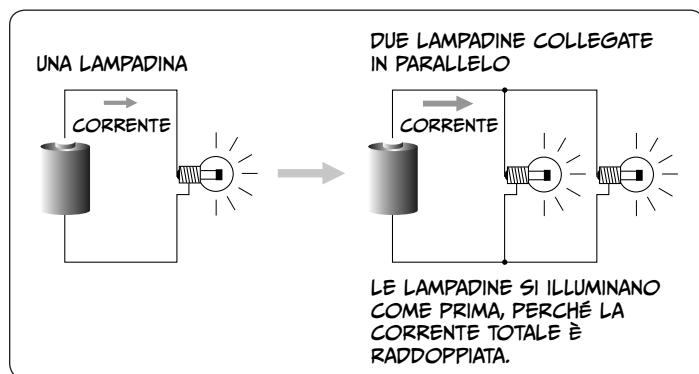
$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Prodotto / somma delle due resistenze})$$

In un circuito in parallelo, la tensione che si applica a ognuna delle resistenze è sempre la stessa, perché la corrente si divide per attraversare tutte le resistenze.



Collegamento in parallelo e resistenza equivalente.

Se due lampadine di pari potenza sono collegate in parallelo a un alimentatore, la luminosità di ciascuna sarà la stessa che si presentava nel caso della singola lampadina. Visto che la corrente che attraversa le lampadine è uguale alla corrente che circola nel caso della singola lampadina, la corrente totale sarà raddoppiata.



Lampadine collegate in parallelo.

Gli elettrodomestici alimentati a 230V sono collegati in parallelo a un'alimentazione di 230V. Se aumentiamo il numero di dispositivi connessi alla rete, si verificherà di conseguenza un aumento della corrente consumata.



3

COME FUNZIONA L'ELETTRICITÀ?



PERCHÉ L'ELETTRICITÀ
PRODUCE CALORE?

ALLORA,
COME STA AN-
DANDO?

LE LEZIONI
PROCEDONO
BENE?

ALLA
GRANDE!



IO E IL SENSEI
HIKARU ANDIAMO
MOLTO D'ACCORDO!



TRASCORRERE UN PO'
DI TEMPO SULLA TERRA
ORA SEMBRA ANCHE A
TE UNA BUONA IDEA, O
SBAGLIO?



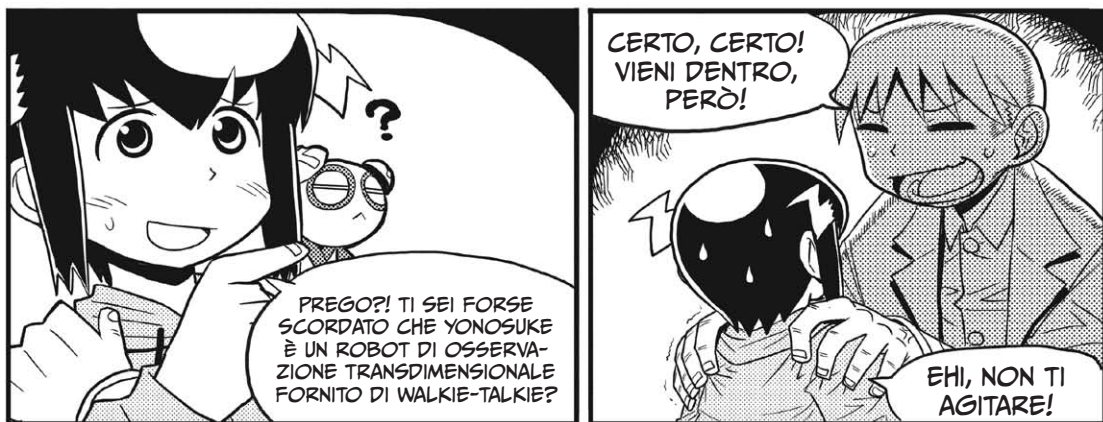
SÌ! RIPASSANDO
I FONDAMENTALI
SULL'ELETTRICITÀ
QUI, POSSO MI-
GLIORARE LA MIA
REPUTAZIONE SU
ELECTOPIA!

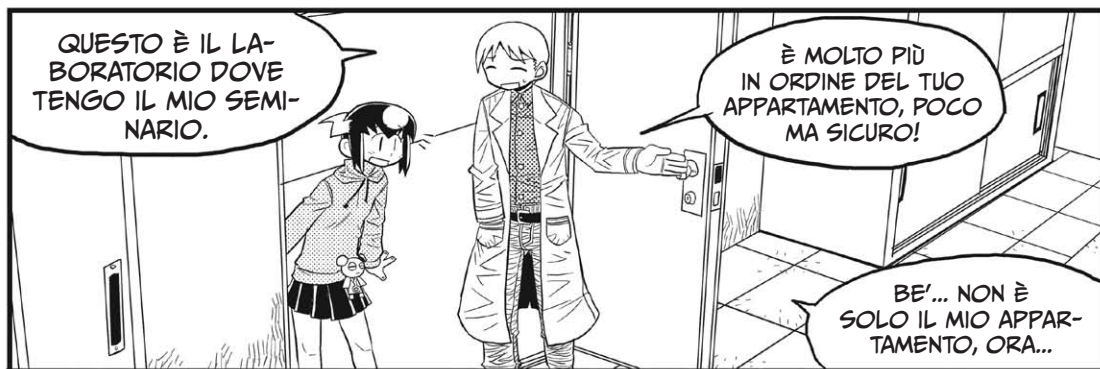
MIGLIORARE?

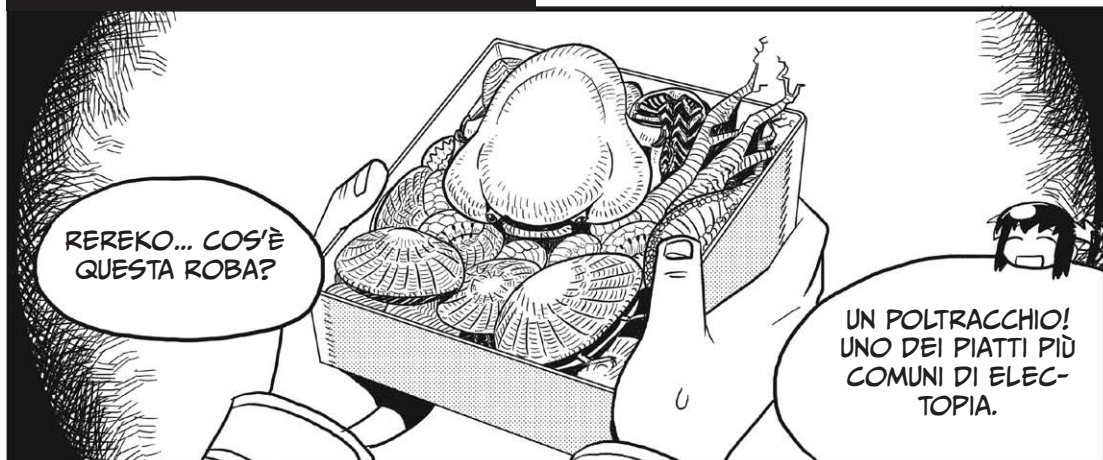


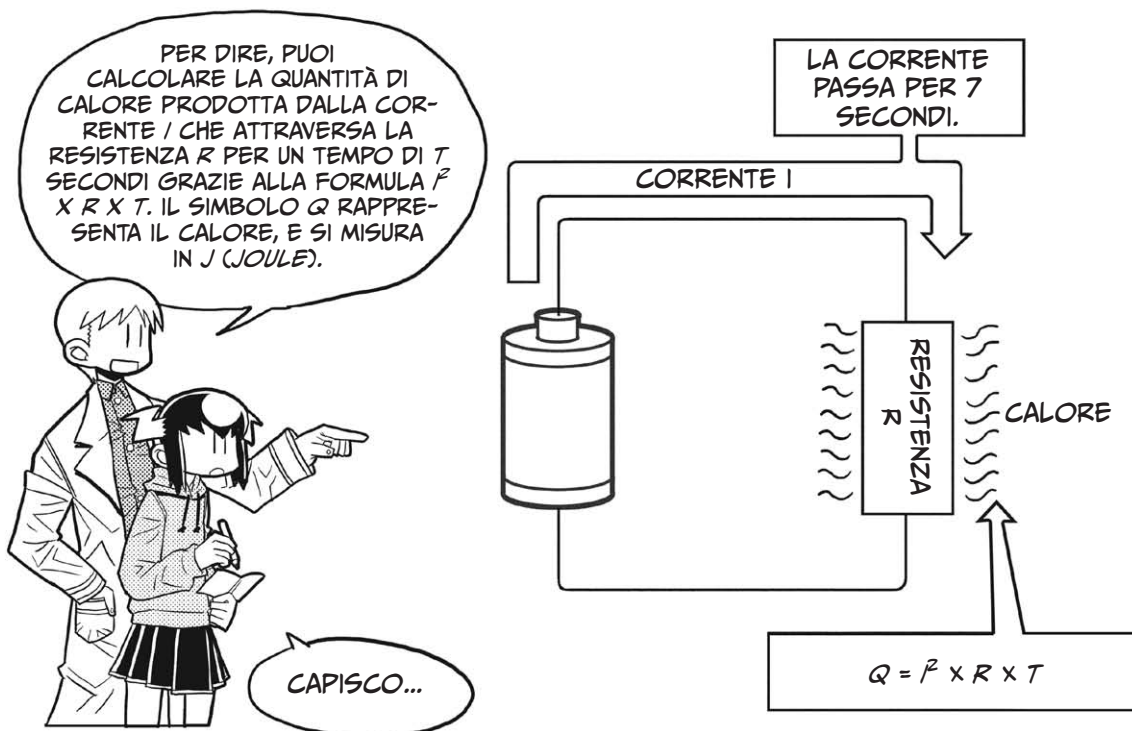
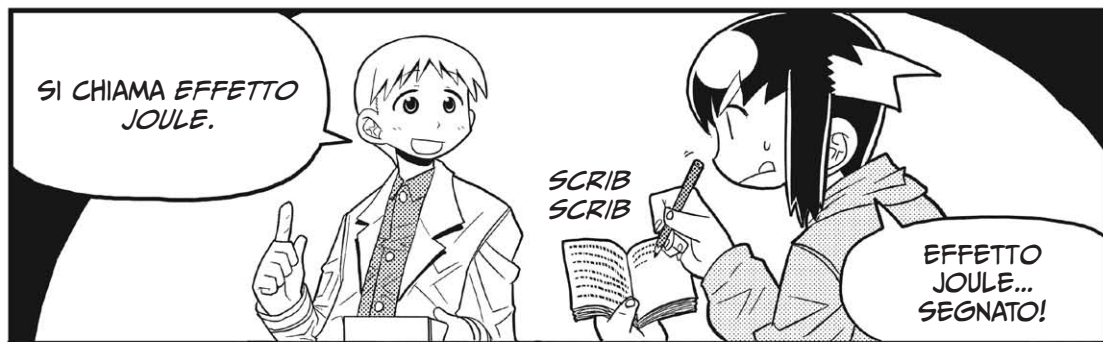
NON PUOI
MIGLIORA-
RE QUAL-
COSA CHE
NON ESI-
STE!

UGH! CHE
GENTILE.

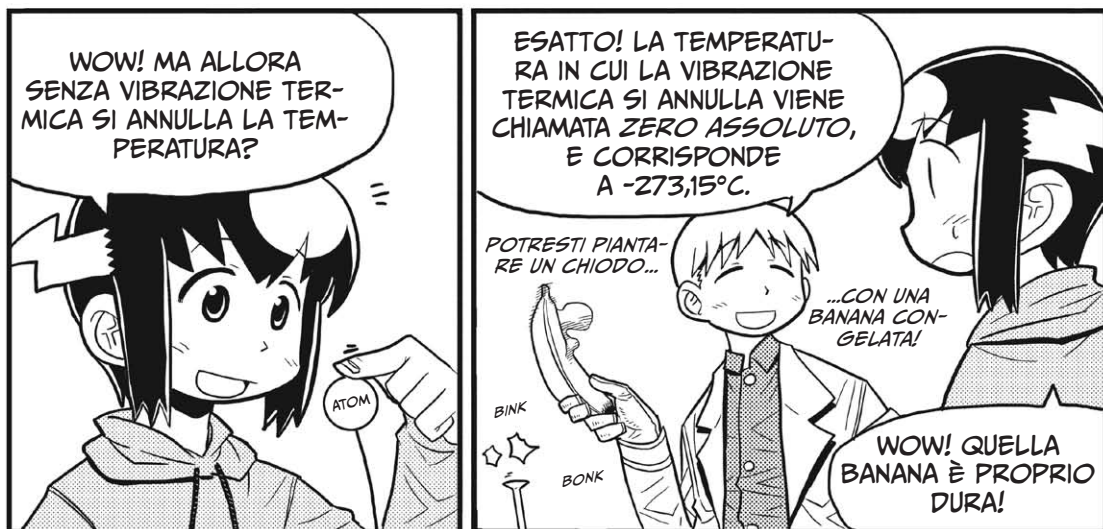
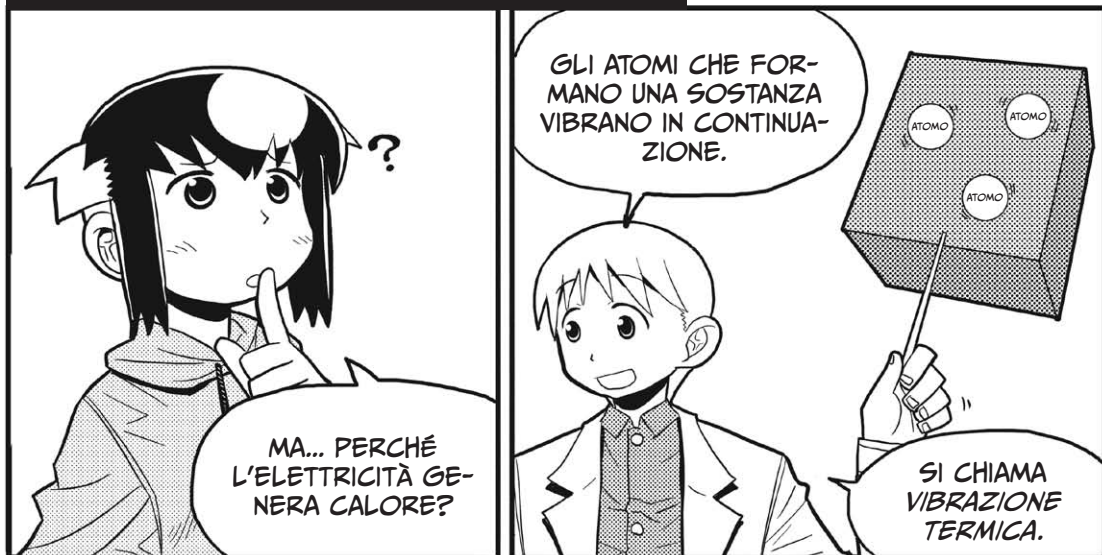






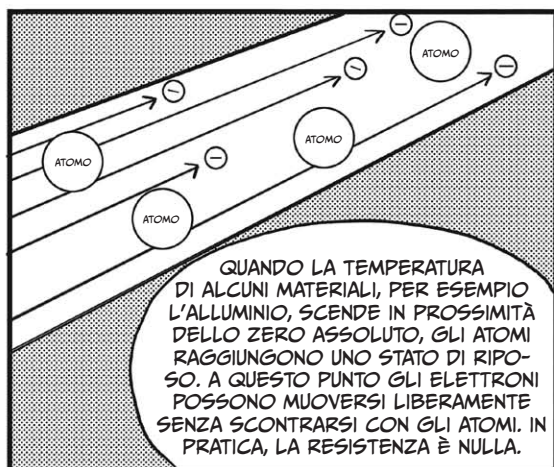
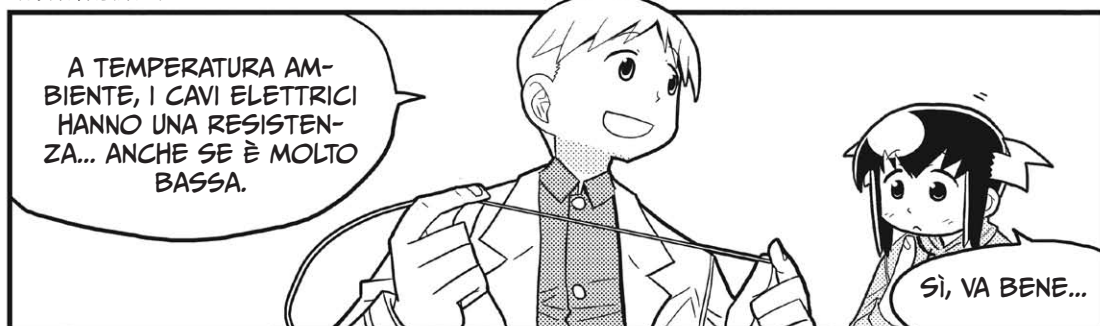


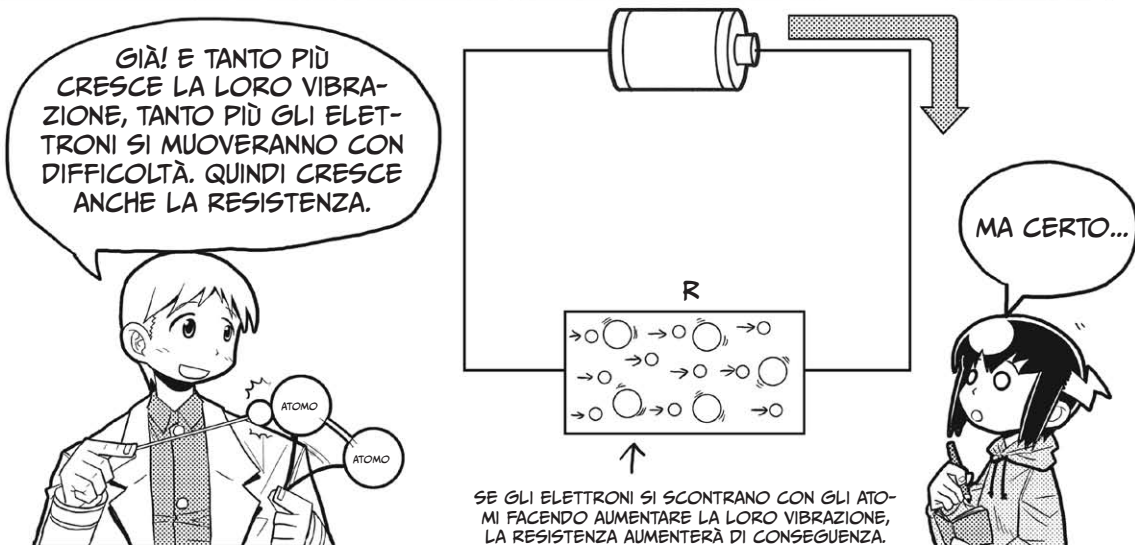
COME SI GENERA CALORE DALLA CORRENTE?



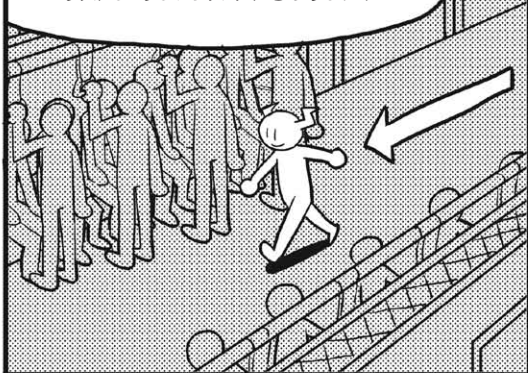


*VEDI A PAGINA 61.





SE LE PERSONE INTORNO A TE
RESTANO IMMOBILI PUOI PAS-
SARE SENZA PROBLEMI...



...MA SE COMINCIANO
TUTTI A MUOVERSI, CAM-
MINARE NON SARÀ COSÌ
SEMPLICE, GIUSTO?



IO SONO L'ELETTRONE
E LE ALTRE PERSONE
SONO GLI ATOMI, HO CA-
PITO BENE?

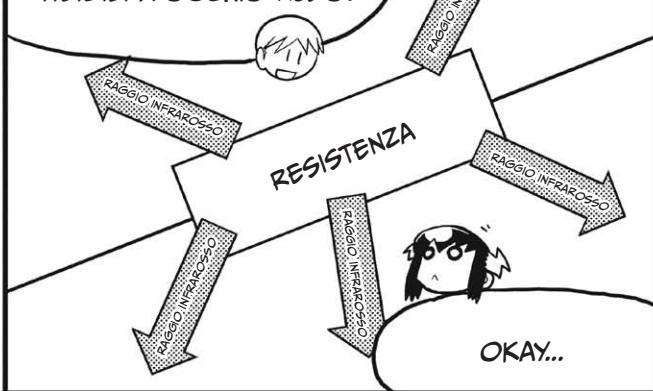


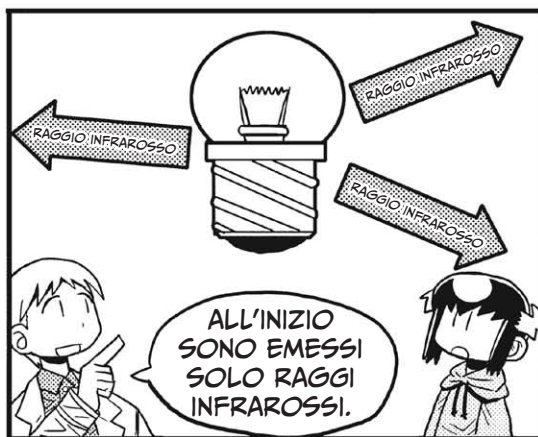
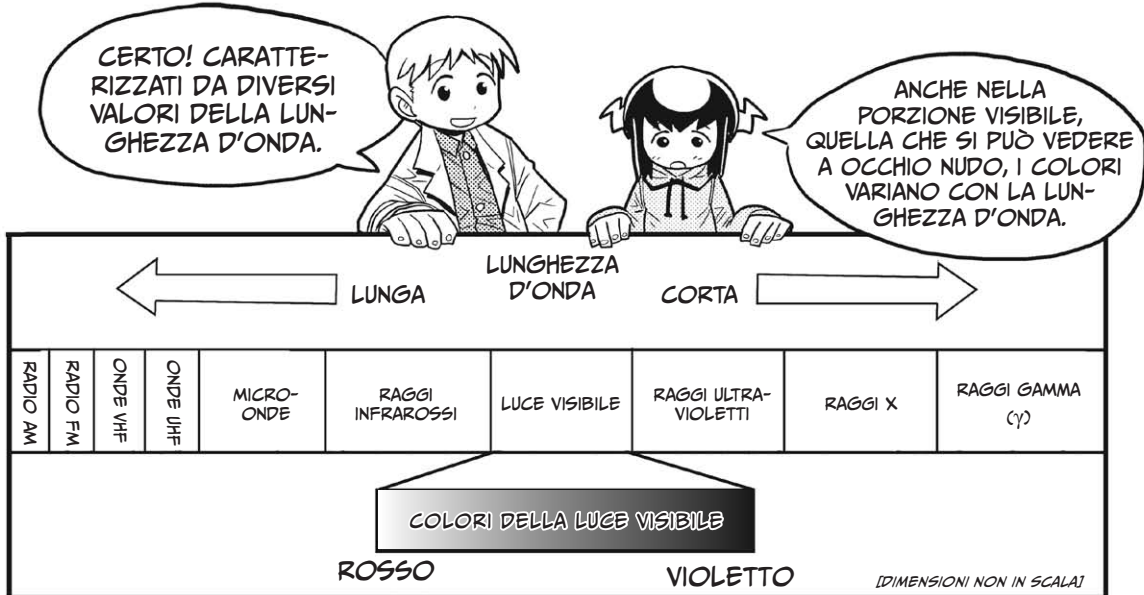
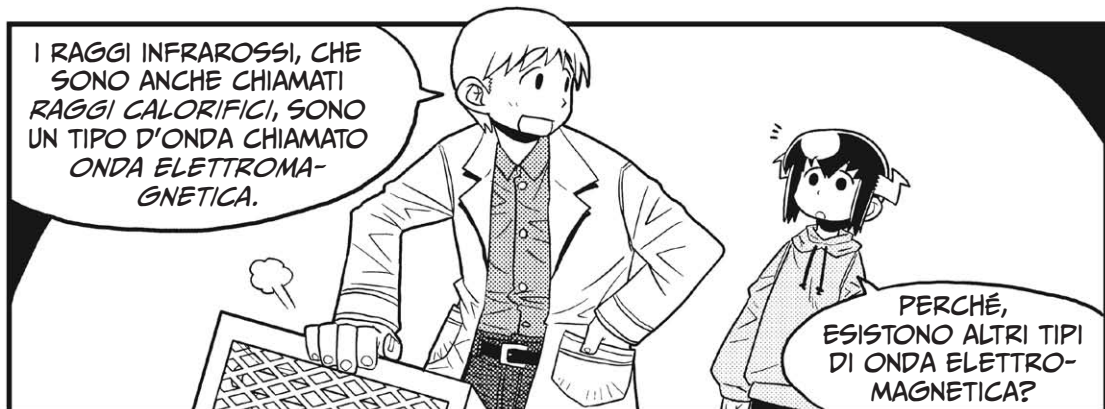
BENISSIMO! SE
PROVI A MUOVERTI IN
MEZZO A TANTE PER-
SONE CHE SI MUOVONO
FINIRAI PER URTARLE, E
QUESTO LE FARÀ MUO-
VERE ANCORA DI PIÙ!

RADIAZIONE TERMICA E LUMINESCENZA

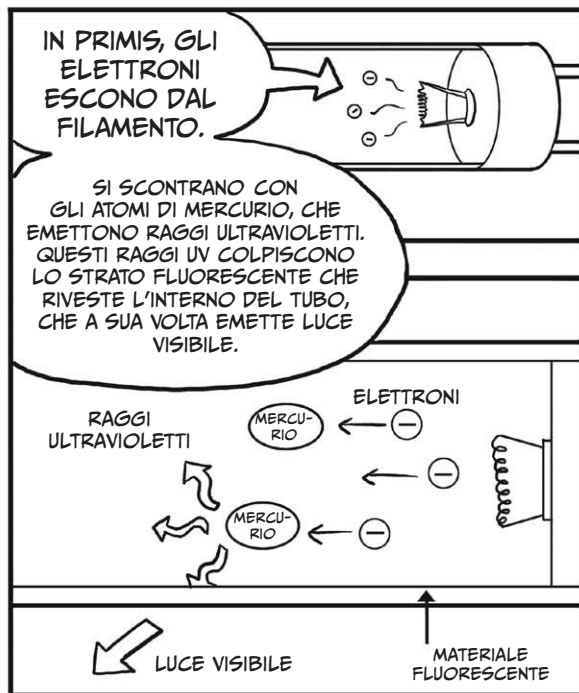


A QUESTO SI ASSOCIA
L'EMISSIONE DI RAGGI IN-
FRAROSSI, CHE NON SONO
VISIBILI A OCCHIO NUDO.

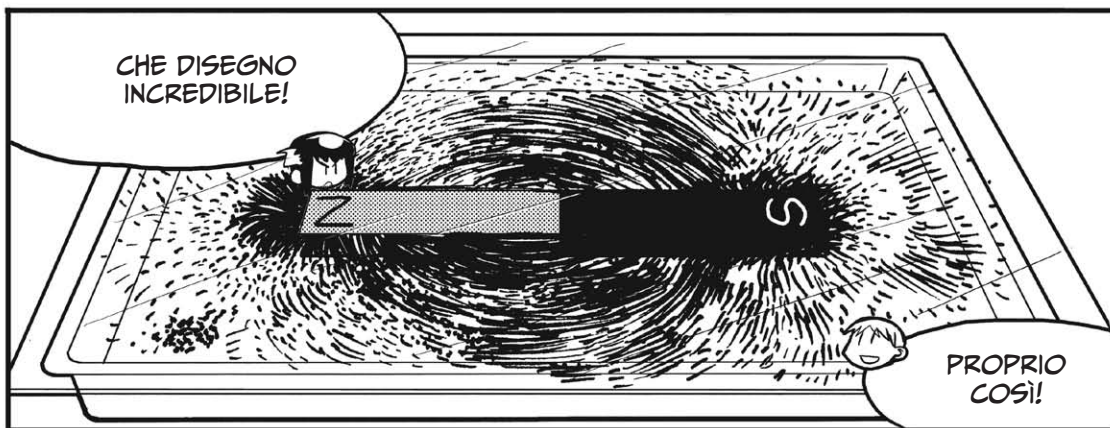
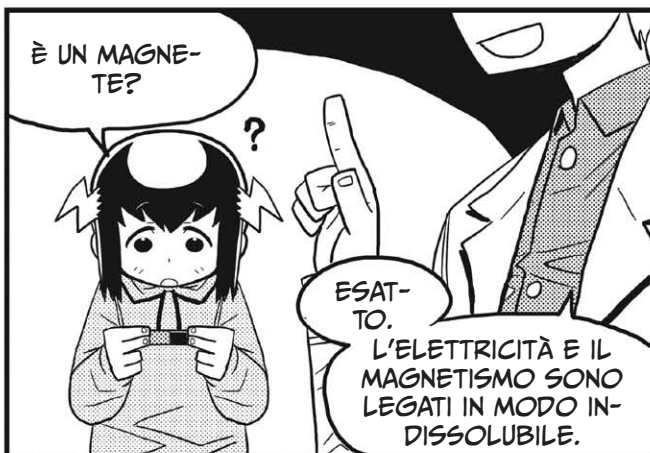


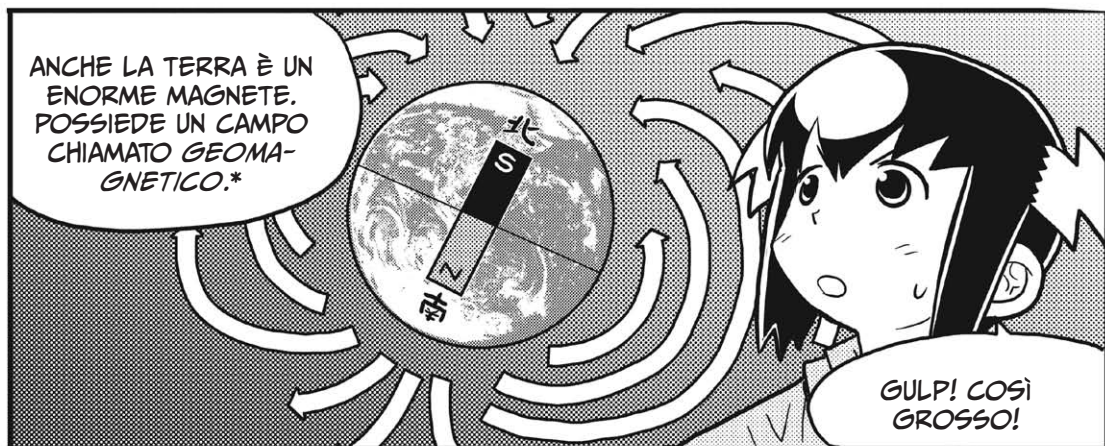






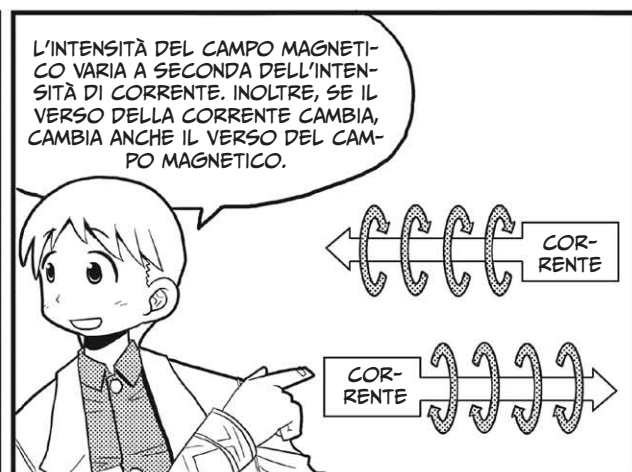
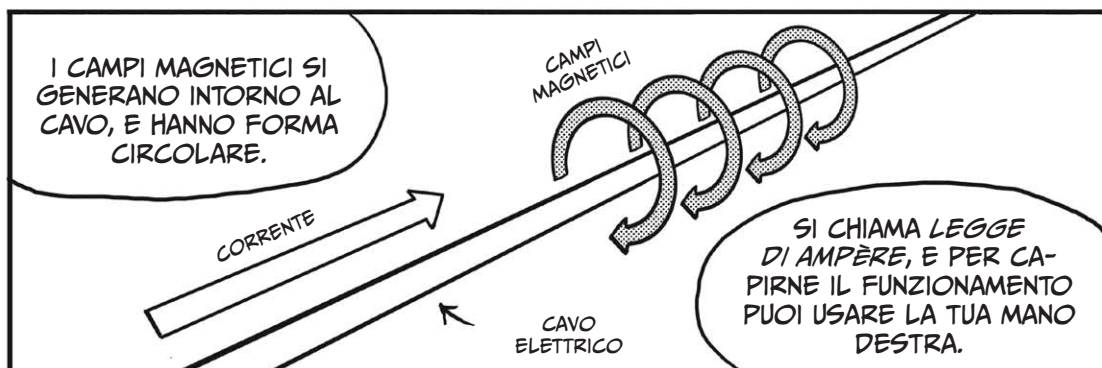
LA CORRENTE E I CAMPI MAGNETICI

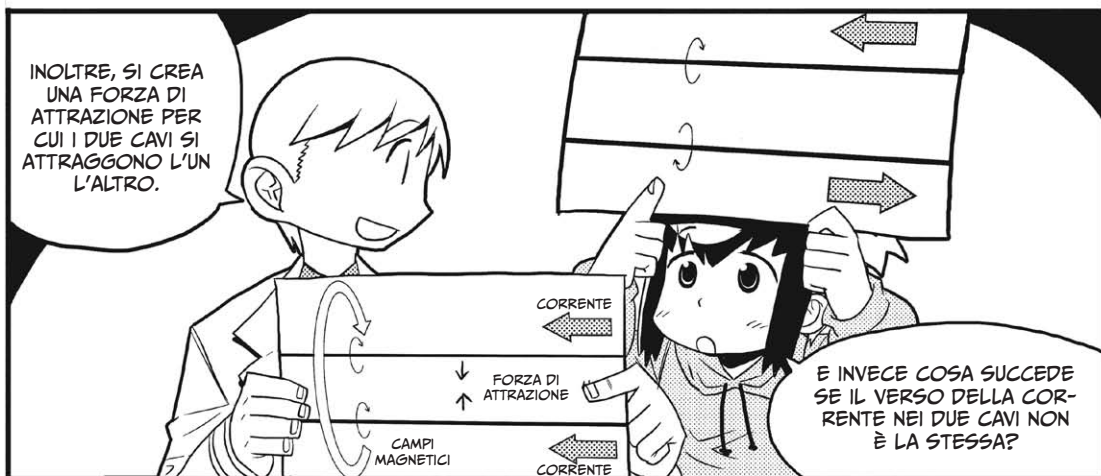
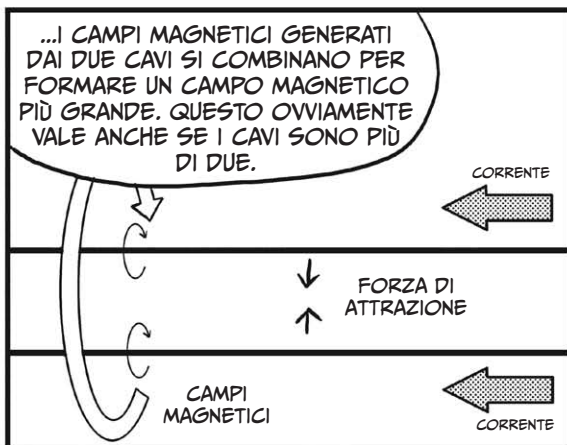
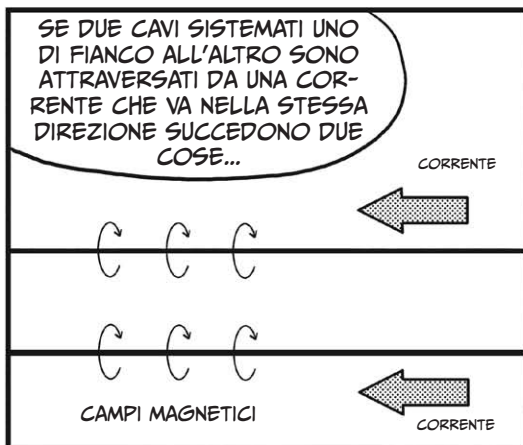




* DAL PUNTO DI VISTA MAGNETICO, IL POLO NORD MAGNETICO È QUELLO POSTO IN PROSSIMITÀ DEL POLO SUD GEOGRAFICO E VICEVERSA.

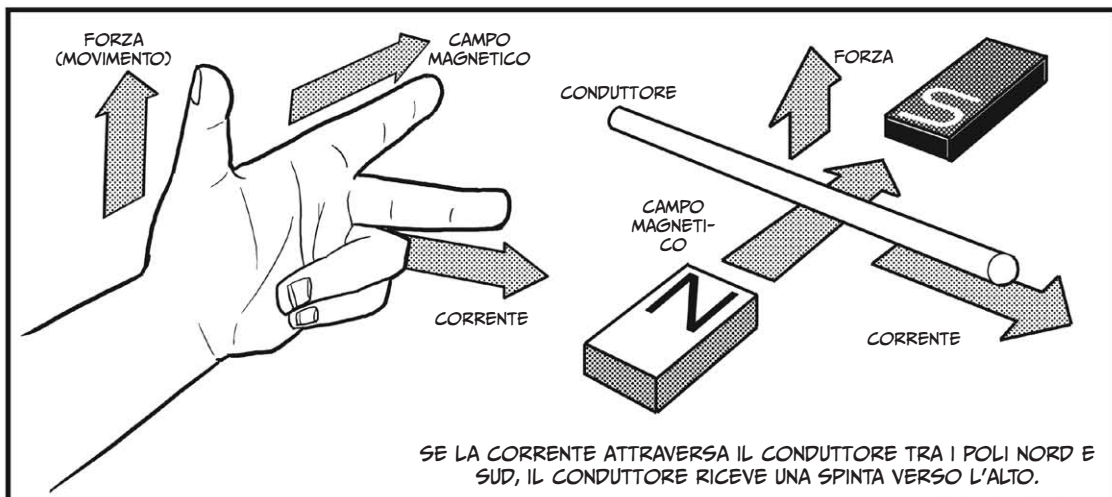






**LA REGOLA DELLA MANO SINISTRA DI FLEMING
(PER I MOTORI IN CONTINUA)**

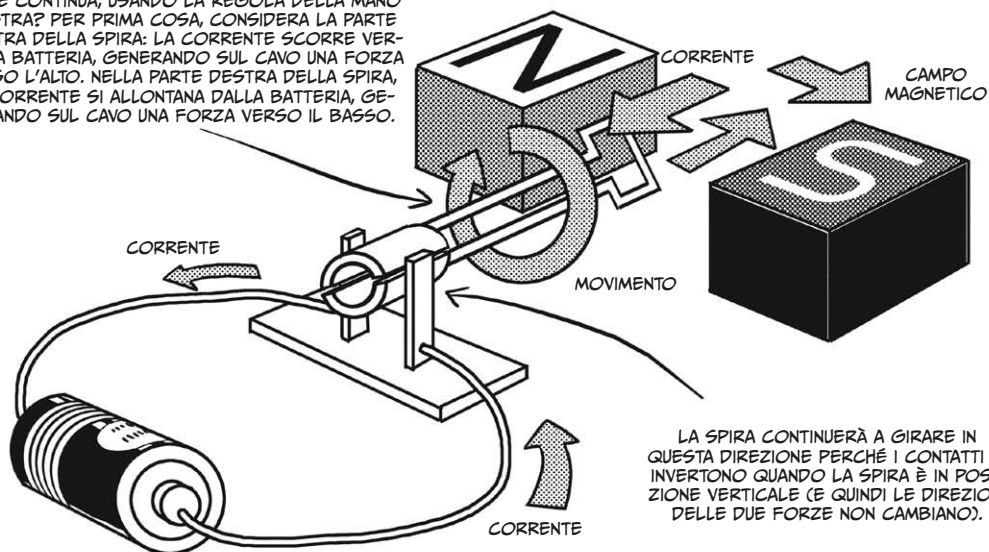




UN MOTORE IN CORRENTE CONTINUA FUNZIONA GRAZIE A QUESTA FORZA.

CI STO GIÀ FACENDO LA MANO, CON QUESTA REGOLA!

RIESCI A CAPIRE PERCHÉ GIRA UN MOTORE IN CORRENTE CONTINUA, USANDO LA REGOLA DELLA MANO SINISTRA? PER PRIMA COSA, CONSIDERA LA PARTE SINISTRA DELLA SPIRA: LA CORRENTE SCORRE VERSO LA BATTERIA, GENERANDO SUL CAVO UNA FORZA VERSO L'ALTO. NELLA PARTE DESTRA DELLA SPIRA, LA CORRENTE SI ALLONTANA DALLA BATTERIA, GENERANDO SUL CAVO UNA FORZA VERSO IL BASSO.



LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING (PER I GENERATORI)

ESISTE ANCHE UNA
REGOLA DELLA MANO
DESTRA!

E COSA DICE?

SE UN CONDUTTORE
SI MUOVE ATTRAVER-
SO I POLI DI UN MA-
GNETE, STA ATTRA-
VERSANDO ANCHE UN
CAMPO MAGNETICO.

MOVIMENTO
DEL
CONDUTTORE

CONDUTTORE

CAMPO
MAGNETICO

OKAY...

UN'AZIONE CHE PROVOCA UN MOTO
DI CARICHE, ANCHE CHIAMATA FOR-
ZA ELETTROMOTRICE, SI GENERA
ALL'INTERNO DEL CONDUTTORE,
E QUINDI SI GENERA ANCHE UNA
CORRENTE.

IL CAMPO MAGNE-
TICO (DA N A S)
PUNTA IN QUESTA
DIREZIONE

IL CONDUTTORE
SI MUOVE IN QUE-
STA DIREZIONE.

LA CORRENTE SI
MUOVE IN QUE-
STA DIREZIONE

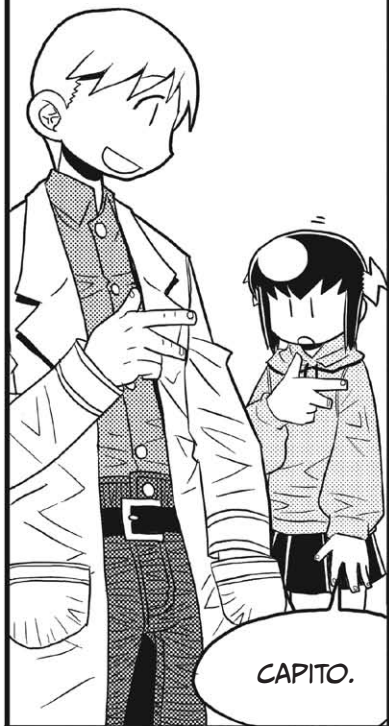
CAMPO
MAGNETICO

MOVI-
MENTO

CORRENTE

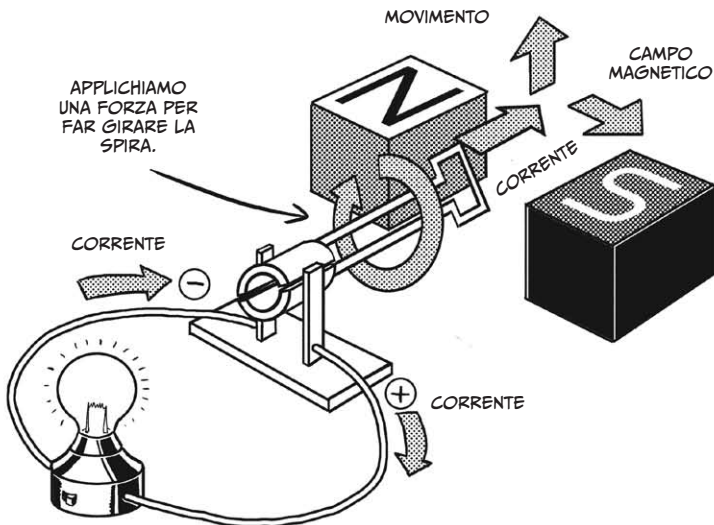
LA CORRENTE SI MUOVE
NELLA DIREZIONE DEL DITO MEDIO
DELLA MANO DESTRA, LA DIREZIONE
DEL CAMPO MAGNETICO CORRISPONDE
ALLA DIREZIONE DEL DITO INDICE MEN-
TRE IL POLLICE INDICA LA DIREZIONE
IN CUI SI MUOVE IL CAVO ELETTRICO.

E QUESTA È LA
REGOLA DELLA
MANO DESTRA DI
FLEMING.



CAPITO.

APPLICHIAMO
UNA FORZA PER
FAR GIRARE LA
SPIRA.



QUANDO UN GENERATORE
CREA ELETTRICITÀ, BASTA CONSIDERARE
UNO DEI DUE LATI DELLA SPIRA
(QUELLO SINISTRO) E POSSIAMO DETERMINARE
LA DIREZIONE DELLA CORRENTE
USANDO LA REGOLA DELLA MANO
DESTRA DI FLEMING.



MEGLIO NON
CONFONDERE
LA DESTRA CON
LA SINISTRA!



POSSIAMO USARE LA MANO
DESTRA PER DETERMINARE
LA DIREZIONE DELLA CORRENTE
PRODOTTA DA UN
GENERATORE ELETTRICO...



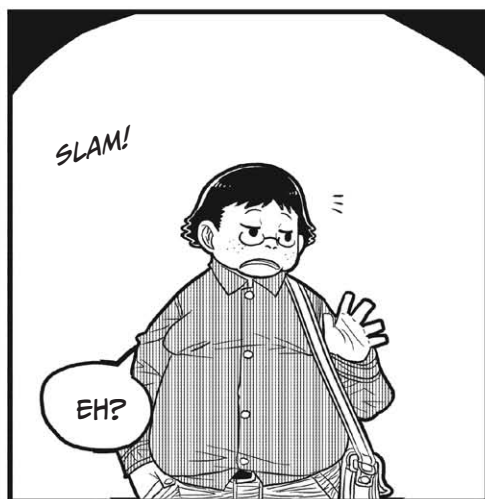
MANO
DESTRA



MANO
SINISTRA

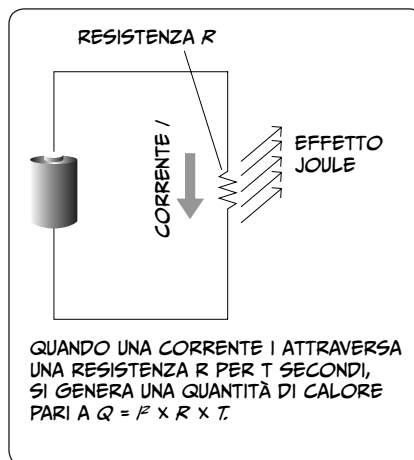
...E LA MANO
SINISTRA PER DETERMINARE
LA DIREZIONE IN CUI RUOTA
UN MOTORE.





L'EFFETTO JOULE

Il passaggio della corrente in una resistenza elettrica genera calore per l'*effetto Joule*. Per esempio, la quantità di calore generata dalla corrente I che attraversa una resistenza R per un tempo t può essere calcolata grazie all'equazione $I^2 \times R \times t$. La quantità di calore è espressa dal simbolo Q e si misura in *joule (J)*, dal nome del fisico inglese James Prescott Joule. Un joule corrisponde a un consumo elettrico di 1Ws (watt secondo), e come unità di misura è equivalente a $\text{kg} \times \text{m}^2 / \text{s}^2$. La quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo d'acqua distillata da 14,5 °C a 15,5 °C, alla pressione di 1 atmosfera è di circa 4,2J che corrispondono a 1 *caloria (cal)*.



Resistenza ed effetto Joule.

LA VIBRAZIONE TERMICA

Cos'è il calore? Gli atomi che compongono una sostanza sono in costante vibrazione, un effetto che prende il nome di *vibrazione termica*. L'ampiezza della vibrazione termica in una sostanza è direttamente collegata alla temperatura in cui si trova. La vibrazione degli atomi è quindi all'origine del calore. Se gli atomi in una sostanza non vibrano, significa che ci troviamo alla temperatura chiamata dello *zero assoluto*, pari a -273,15°C.

Anche in un cavo di rame, materiale normalmente utilizzato per i collegamenti elettrici in virtù della sua bassa resistenza, a temperatura ambiente la vibrazione degli atomi intralcia il passaggio degli elettroni, creando un surplus di calore e un'ulteriore resistenza.

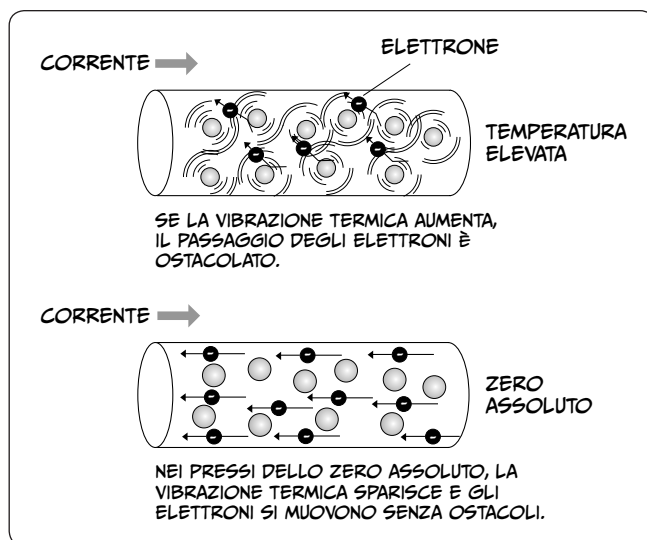
Comunque, se la temperatura in un materiale si avvicina allo zero assoluto, le vibrazioni atomiche si riducono notevolmente. In questa condizione gli elettroni possono viaggiare molto più facilmente o, in altre parole, la resistenza del materiale cala. In alcuni materiali, come l'alluminio, a temperature sufficientemente



Vibrazione termica in funzione della temperatura.

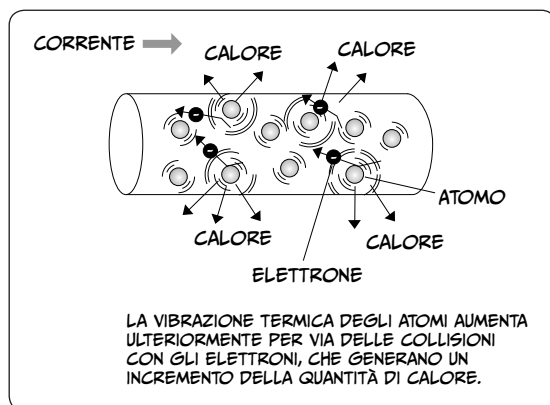
basse gli elettroni possono muoversi senza ostacoli! Quando la resistenza di un materiale si azzera, siamo in presenza del fenomeno che prende il nome di *superconduttività*.

Molti materiali, se opportunamente raffreddati, presentano naturalmente caratteristiche di superconduttività, ma per la maggior parte bisogna raggiungere una temperatura prossima allo zero assoluto. In concreto, visto che è molto difficile abbassare la temperatura di una sostanza così tanto, le ricerche si stanno orientando sullo studio di fenomeni di superconduttività che si verificano a temperature molto più alte dello zero assoluto. Questi materiali sono chiamati *superconduttori ad alta temperatura*. Un giorno, materiali come questi potranno essere utilizzati per fornire energia elettrica alle abitazioni senza dispersioni dovute al riscaldamento per effetto joule.



Superconduttività e corrente.

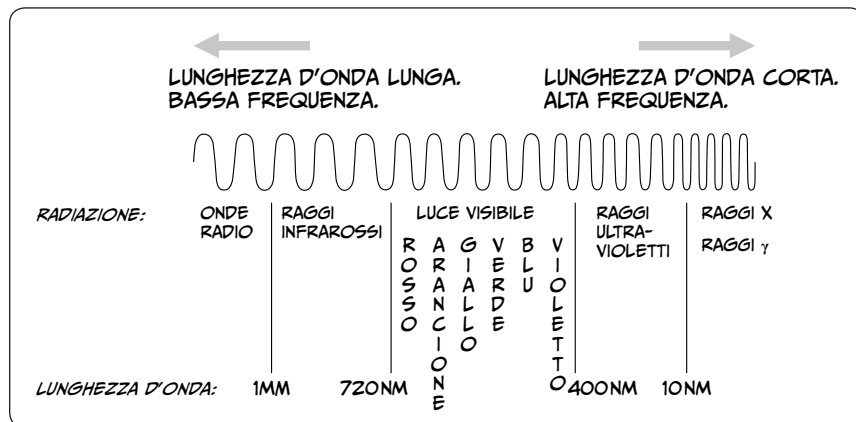
A temperatura ambiente, gli elettroni nei cavi si scontrano violentemente con gli altri atomi, generando un ulteriore aumento della vibrazione termica, e quindi del calore. Quando il cavo si scalda, la sua resistenza aumenta. Viceversa, quando la sua temperatura diminuisce, diminuisce anche la sua resistenza elettrica.



Collisioni tra elettroni e atomi e generazione di calore.

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

Quando la corrente attraversa una resistenza e la temperatura cresce, si genera calore. Al principio, questo provoca l'emissione di raggi infrarossi, che non sono visibili a occhio nudo. I *raggi infrarossi* sono un tipo di *onda elettromagnetica* (un'onda caratterizzata da un'energia termica). Le onde elettromagnetiche (in ordine di lunghezza d'onda decrescente) includono per esempio le onde radio, i raggi infrarossi, la luce visibile, i raggi ultravioletti e i raggi X. Le onde radio vengono usate per le trasmissioni radio-televisive, o per le comunicazioni tra navi. Il colore della luce varia invece a seconda della lunghezza d'onda: la luce rossa è associata a una lunghezza d'onda più lunga, laddove la luce viola è associata a una lunghezza d'onda più breve.



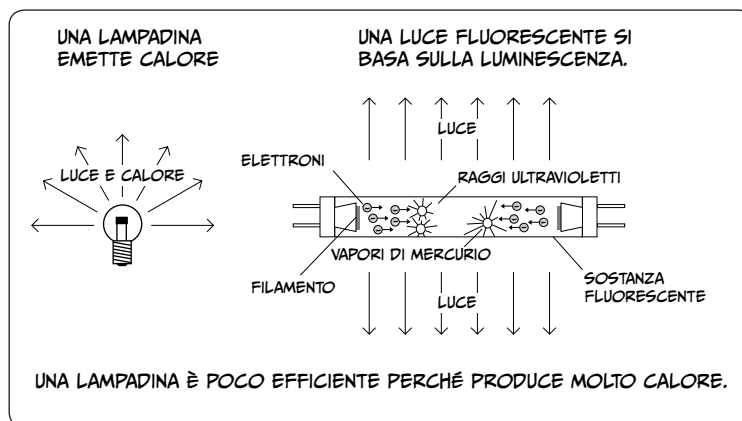
Classificazione delle onde elettromagnetiche sulla base della lunghezza d'onda.

Se la temperatura all'interno di un oggetto continua a crescere, dopo i raggi infrarossi assisteremo all'emissione di luce visibile. Il fenomeno per cui l'energia termica si traduce in un'onda elettromagnetica col variare della temperatura all'interno di una sostanza prende il nome di *radiazione termica*. È il principio alla base del funzionamento di una lampadina.

La radiazione termica produce luce rossa a basse temperature, mentre il colore arriva a un colore bianco-azzurro quando la temperatura cresce.

La luce prodotta dalla radiazione termica si disperde per lo più in calore, quindi si tratta di un metodo poco efficiente di illuminazione. Un altro genere di emissione, in cui l'oggetto non ha bisogno di venire riscaldato, è la *luminescenza*. Si tratta del principio alla base delle lampade al neon. La luce fluorescente si ottiene quando elettroni che escono dal filamento entrano in collisione con il vapore di mercurio contenuto all'interno del tubo fluorescente: i raggi ultravioletti che si generano vanno a eccitare la sostanza fluorescente di cui è rivestita la superficie interna del tubo e si trasformano in radiazione luminosa. La luce emessa da una lampada fluorescente è molto efficiente, a parità di consumo elettrico questa è in grado di emettere una luce quattro volte più intensa di una normale lampadina.

Riassumiamo qui sotto i due fenomeni appena descritti, la radiazione termica e la luminescenza.



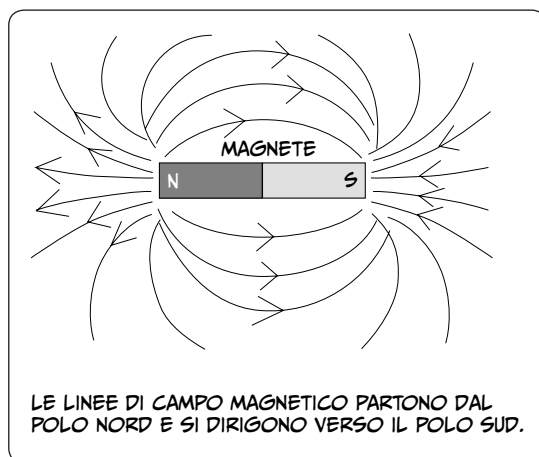
L'emissione di luce nella lampadina e nel tubo fluorescente.

ELETTRICITÀ E MAGNETISMO

Se spargi della limatura di ferro su un foglio di carta appoggiato sopra a una barretta magnetica, i granelli si disporranno formando linee che partono dal polo nord (N) e terminano nel polo sud (S). Queste linee si chiamano *linee di campo magnetico*, e ci permettono di visualizzare il campo magnetico generato dalla barretta.

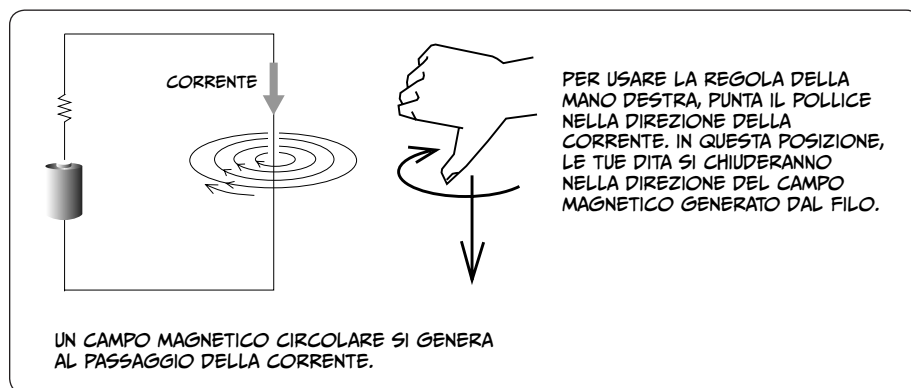
I campi magnetici si generano anche in presenza di corrente elettrica. Questo è un fenomeno estremamente importante, sfruttato ad esempio da molti dispositivi elettrici di uso comune.

Quando un cavo elettrico è percorso da corrente, si genera intorno a esso un campo magnetico avente forma circolare. Questo succede in accordo alla *legge di Ampère*. L'ampiezza del campo magnetico varia con l'intensità della corrente. Se il verso della corrente cambia, di conseguenza si modifica anche il verso del campo magnetico.

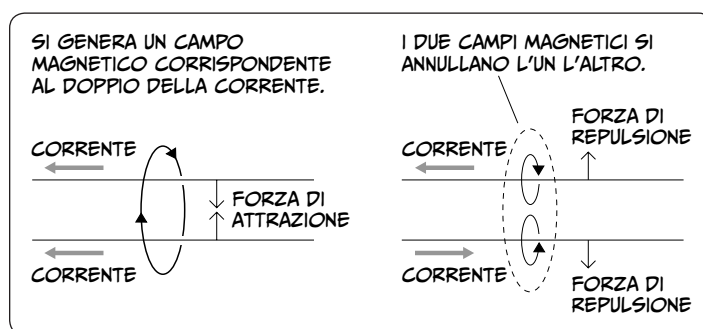


Un magnete e il suo campo magnetico.

Se una corrente della stessa intensità attraversa nello stesso verso due cavi elettrici messi uno di fianco all'altro, i campi magnetici dei due cavi si combinano per generare un campo magnetico pari al doppio della corrente intorno ai due conduttori. Allo stesso tempo viene a crearsi una forza d'attrazione tra i due cavi elettrici. Se invece la corrente scorre in verso opposto nei due cavi si genererà una forza repulsiva tra di essi. In questo caso, i campi magnetici intorno ai cavi si annullano tra di loro.



Legge di Ampère.

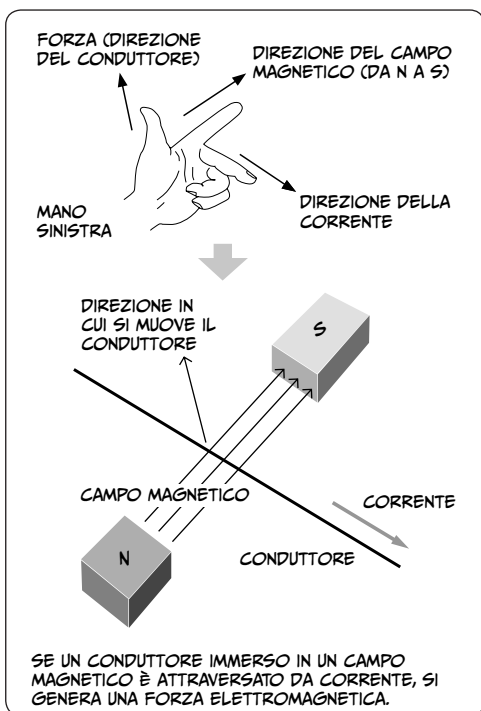


Forze che si generano quando la corrente attraversa due conduttori.

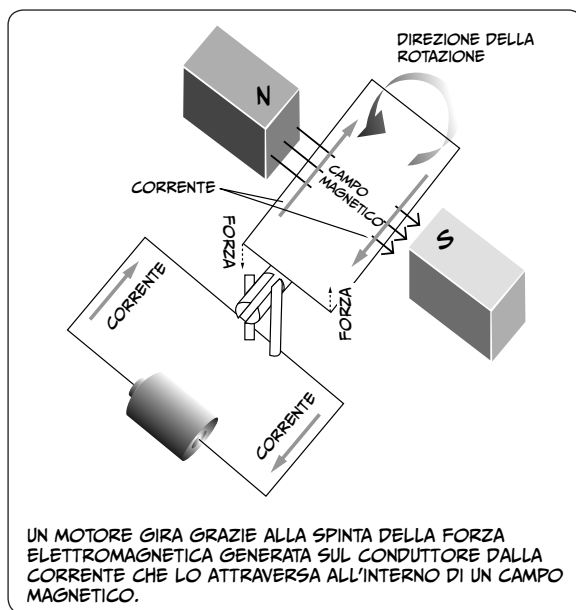
La proprietà additiva dei campi magnetici vale anche se i cavi sono più di due (per esempio, in una spira). È uno dei modi per ottenere campi magnetici di grande intensità.

LA REGOLA DELLA MANO SINISTRA DI FLEMING E I MOTORI IN CONTINUA

Se un conduttore immerso in un campo magnetico è attraversato da corrente, su di esso si genera una *forza elettromagnetica*. La *regola della mano sinistra di Fleming* fornisce un metodo intuitivo e mnemonico per collegare le direzioni del campo magnetico, della corrente e del moto del conduttore. Questa regola afferma che aprendo pollice, indice e medio della mano sinistra in modo che siano perpendicolari tra loro, l'indice punterà nella direzione del campo magnetico, il medio nella direzione della corrente e il pollice nella direzione in cui si muove il conduttore (che equivale alla direzione della forza elettromagnetica). Questa regola deve il suo nome al suo scopritore, l'ingegnere elettrico inglese John Ambrose Fleming. Puoi determinare la direzione in cui ruota un motore usando la regola della mano sinistra.



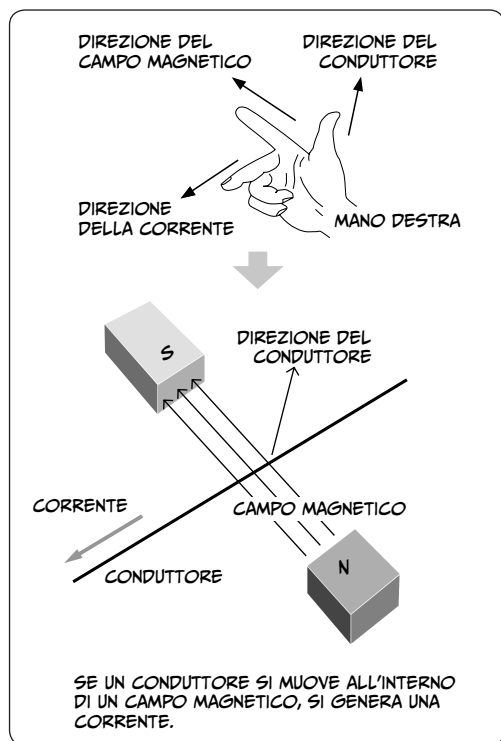
Regola della mano sinistra di Fleming.



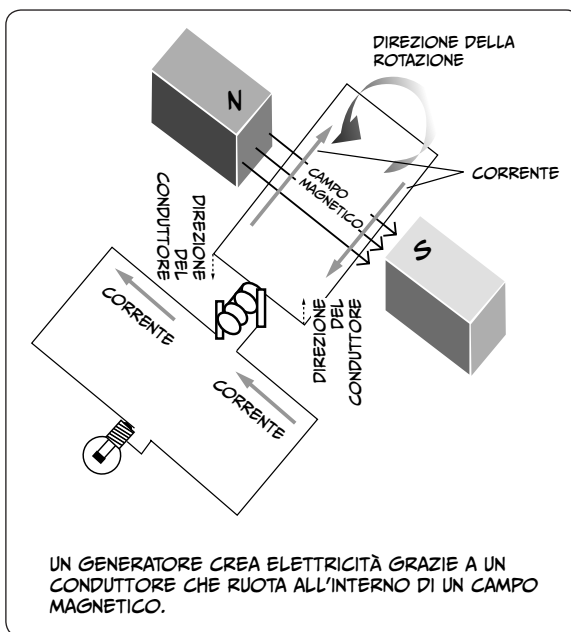
Rotazione del motore.

LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING E I GENERATORI

Puoi determinare la direzione della forza elettromotrice creata da un generatore elettrico usando la *regola della mano destra di Fleming*. Quando un conduttore si muove tra i poli di un magnete, il conduttore attraversa un campo magnetico rivolto da un lato al polo nord (N) e dall'altro al polo sud (S) del magnete. Si genera così una forza elettromotrice nel conduttore e la corrente passa. La *regola della mano destra* fornisce un metodo intuitivo e mnemonico per collegare le direzioni del campo magnetico, della corrente e del moto del conduttore. Questa regola afferma che aprendo pollice, indice e medio della mano destra in modo che siano perpendicolari tra loro, l'indice punterà nella direzione del campo magnetico, il medio nella direzione della corrente e il pollice nella direzione in cui si muove il conduttore.



Regola della mano destra di Fleming.



Elettricità prodotta da un generatore.

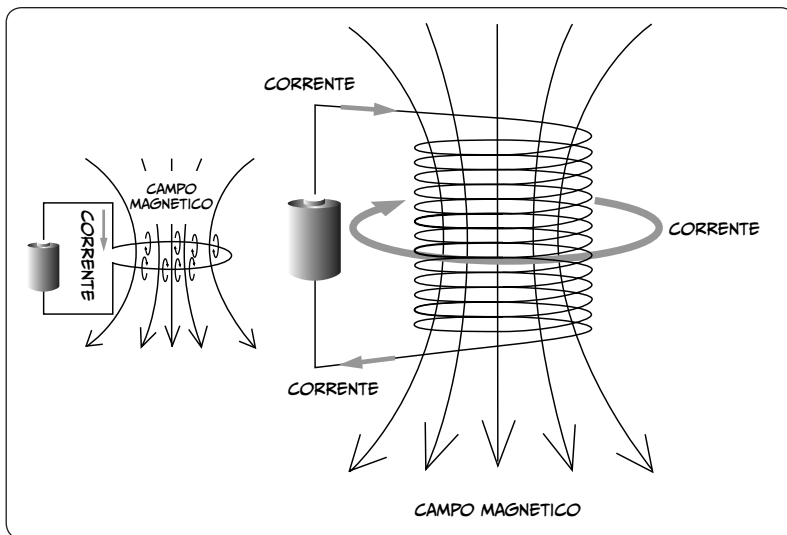
Per mantenere la rotazione della spira, nel campo magnetico dev'essere applicata una forza. Può essere generata dalla caduta dell'acqua, come nel caso di un generatore idroelettrico, o dalla forza del vapore, come in una centrale a carbone.

Ma sulla base di quali principi funzionano le regole di Fleming? Per capire meglio come funzionano i generatori e i motori, dobbiamo approfondire la relazione tra magnetismo ed elettricità.

L'ELETTRICITÀ E GLI INDUTTORI

Un cavo elettrico avvolto in spire si chiama *bobina* o *induttore*. Se facciamo scorrere una corrente attraverso il cavo, si genera un campo magnetico parallelo all'asse della bobina e interno alla stessa. Se poi inseriamo un nucleo di ferro nell'avvolgimento, il campo magnetico si concentra nel nucleo e la bobina diventa un potente elettromagnete.

La potenza di un elettromagnete è direttamente proporzionale al prodotto tra la corrente e il numero delle spire. Se si inverte il verso della corrente, anche la polarità dell'elettromagnete si invertirà di conseguenza. Se la corrente smette di circolare la forza magnetica dell'elettromagnete scompare.



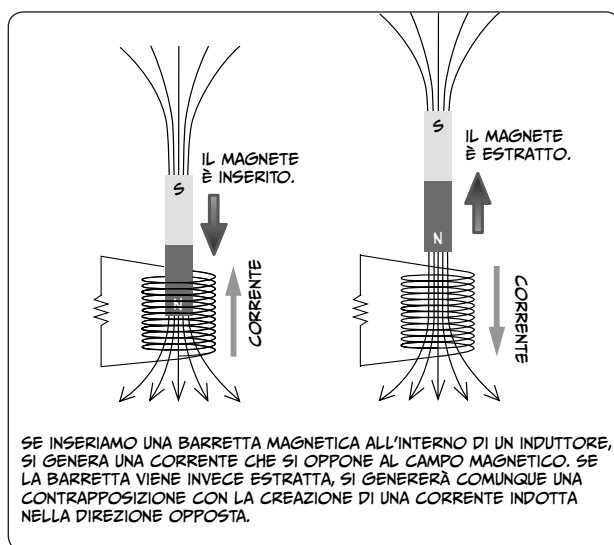
Campo magnetico creato da un avvolgimento di cavo elettrico.

Con la mano destra puoi stabilire l'orientamento del campo magnetico indotto da una bobina. Basta avvolgere le dita nella direzione del flusso della corrente nell'induttore, il pollice punterà verso il polo nord del campo magnetico indotto.

GLI INDUTTORI E L'INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

Quando una barretta magnetica si muove all'interno di una bobina, in quest'ultima scorre una corrente che si oppone alla variazione del campo magnetico. Se cambia il verso in cui si muove la barretta, cambierà anche il verso della corrente nel cavo. Questo fenomeno prende il nome di *induzione elettromagnetica* e la differenza di potenziale che si genera nel processo viene chiamata *forza elettromotrice indotta*. La corrente generata viene chiamata invece *corrente indotta*.

La legge di Lenz, scoperta dal fisico russo Heinrich Friedrich Emil Lenz, afferma che la corrente dovuta all'induzione elettromagnetica segue una direzione tale per cui il campo magnetico prodotto da quella corrente contrasta il movimento del magnete.

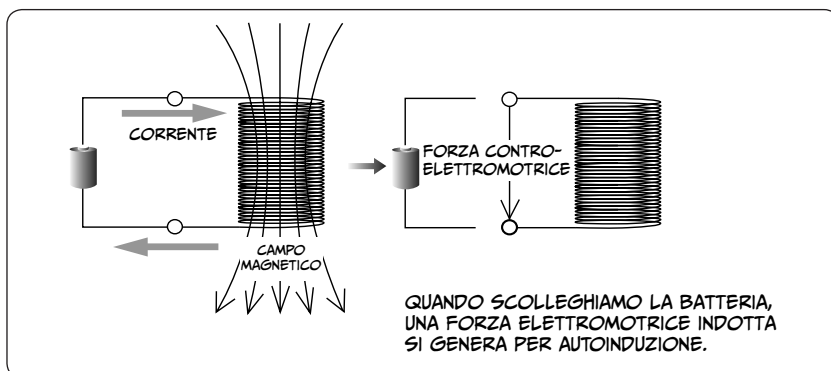


Induzione elettromagnetica.

GLI INDUTTORI E L'INDUTTANZA

Se colleghiamo una bobina a una batteria e la corrente comincia quindi a scorrere, crescendo d'intensità fino a raggiungere il valore a regime, il campo magnetico generato cresce nello stesso modo e l'avvolgimento diventa un elettromagnete. In questa transizione, il campo magnetico crescente – e quindi variabile – genera nella bobina una forza elettromotrice indotta. Questo fenomeno prende il nome di *autoinduzione* o, più semplicemente, di *induttanza*.

Quando si interrompe il flusso di corrente, il campo magnetico scompare progressivamente e si genera una forza elettromotrice indotta in opposizione alla variazione di corrente nella bobina. Questo fenomeno prende il nome di *forza controelettromotrice* ed è un fenomeno molto semplice da verificare: quando si collega una batteria a un induttore provocando il passaggio della corrente, si genera un campo magnetico. Quando la corrente è costante la forza controelettromotrice non è presente, ma quando scollegiamo la batteria e la corrente si interrompe, il campo magnetico che si era generato si riduce. Come conseguenza, ai capi della bobina si rileva una tensione dovuta alla forza controelettromotrice.



Autoinduzione di una bobina.

GLI INDUTTORI E LA CORRENTE ALTERNATA

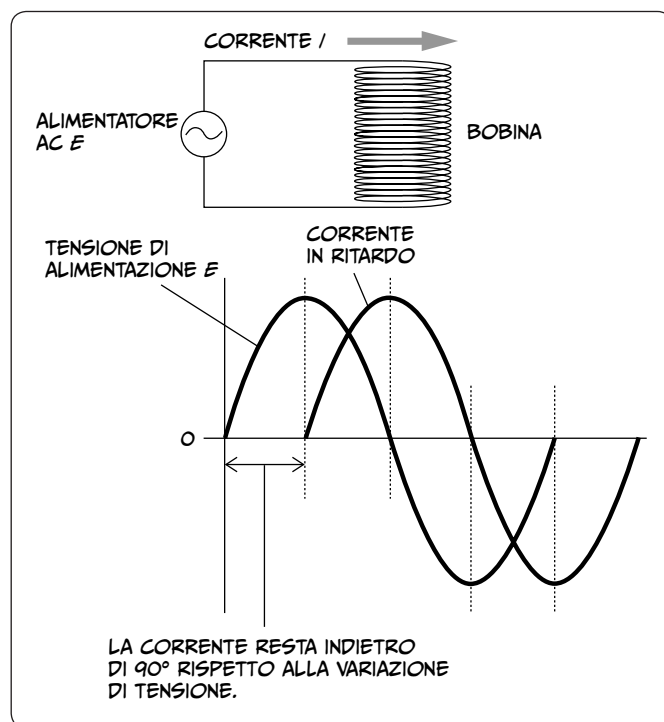
L'ampiezza della corrente alternata varia continuamente. Se un induttore viene attraversato da corrente alternata, al suo interno si genera una forza elettromotrice indotta nella direzione che si oppone alle variazioni del flusso della corrente e la corrente scorre in modo da rimanere indietro di un quarto di ciclo rispetto alla tensione di alimentazione. Questa corrente viene anche definita *in ritardo* e scorre nei dispositivi elettrici, come per esempio i motori con bobina. Il ritardo temporale prende il nome di *differenza di fase*. La bobina si comporta da resistenza nei confronti della corrente come descritto sopra. Questo fenomeno prende il nome di *reattanza induttiva* e il suo valore è direttamente proporzionale alla frequenza della corrente alternata.

Il consumo di energia elettrica è rappresentato dal prodotto tra la tensione e la corrente. Quando la tensione e la corrente sono in fase si ottiene il 100% del lavoro. In altre parole, "il fattore di potenza è 100%". Se la corrente è in ritardo, il fattore di potenza sarà inferiore al 100% e il circuito avrà un "basso fattore di potenza."

Quando il fattore di potenza è basso, la potenza elettrica introdotta dall'alimentazione non si convertirà al 100% in lavoro e quindi sarà necessario un alimentatore più potente. Il rapporto tra la potenza consumata e la potenza erogata è il *fattore di potenza*.

$$\text{Fattore di potenza} = \frac{\text{Potenza consumata}}{\text{Potenza erogata}}$$

Un basso fattore di potenza indica che una frazione della corrente ritorna verso l'alimentatore senza svolgere alcun lavoro.



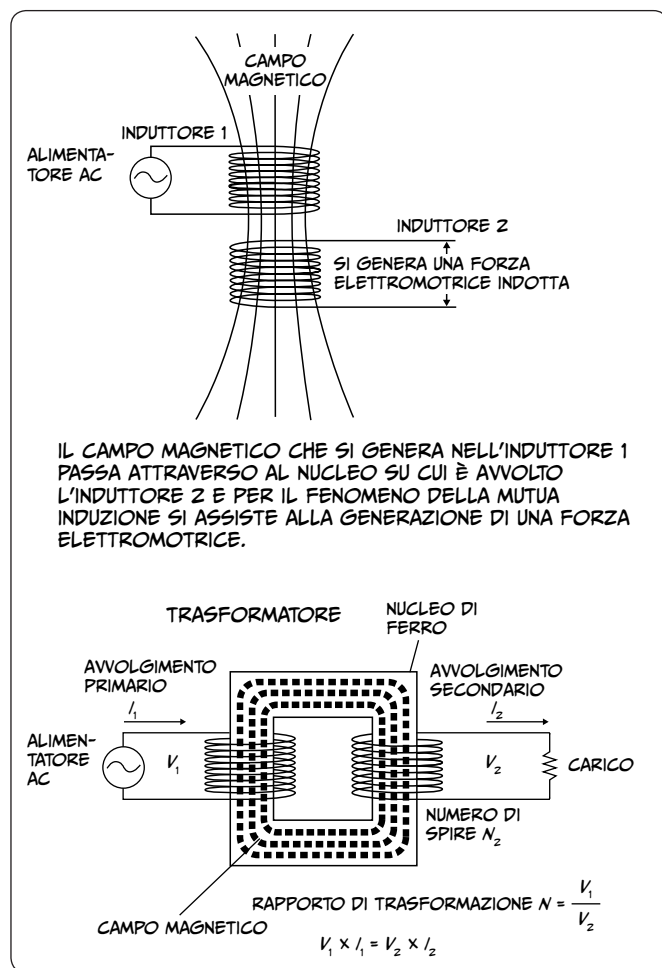
Corrente in ritardo attraverso un induttore.

GLI INDUTTORI E I TRASFORMATORI

Se colleghiamo un alimentatore AC a un induttore 1, si genera un campo magnetico. Quando questo campo magnetico varia all'interno di un induttore 2, in esso si genera una forza elettromotrice indotta. Questo fenomeno si chiama *mutua induzione*. Un *trasformatore* è un dispositivo elettrico che sfrutta questo fenomeno per variare la tensione.

Se due bobine sono avvolte intorno a un nucleo di ferro e un alimentatore AC viene collegato all'induttore 1, si genera un campo magnetico che passa all'interno del nucleo di ferro. Visto che l'induttore 2 è avvolto intorno allo stesso nucleo, il campo magnetico varierà all'interno dell'induttore 2, generando una forza elettromotrice.

L'induttore collegato all'alimentatore viene chiamato *avvolgimento primario*, mentre quello collegato al carico è l'*avvolgimento secondario*. La tensione che si genera sull'avvolgimento secondario è determinata dal rapporto fra il numero di spire dell'avvolgimento primario (n_1) e il numero di spire dell'avvolgimento secondario (n_2). Per esempio, se il numero di spire dell'avvolgimento secondario è doppio rispetto al numero di spire dell'avvolgimento primario, sul secondario si genererà una tensione doppia rispetto a quella ai capi del primario. La corrente che attraversa l'avvolgimento secondario sarà invece



Mutua induzione in un trasformatore.

la metà rispetto a quella che scorre nell'avvolgimento primario. L'equazione che descrive questa relazione è la seguente:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Il rapporto tra la tensione primaria (V_1) e la tensione secondaria (V_2) viene chiamato *rapporto di trasformazione*, mentre il prodotto tra la tensione e la corrente primarie sarà identico al prodotto tra la tensione e la corrente secondarie. In altre parole, un trasformatore modifica solamente la tensione, non altera la potenza.

I CONDENSATORI

Quando inseriamo un isolante tra due piastre di metallo e le colleghiamo a una batteria, gli elettroni si muovono dal polo negativo della batteria sino alla piastra inferiore caricandola.

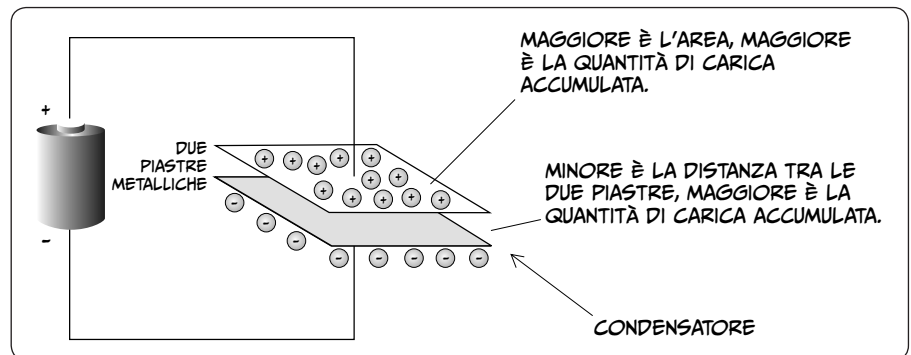
Visto che gli elettroni dalla piastra superiore si muovono verso il polo positivo della batteria, la piastra superiore si caricherà invece positivamente. Quindi le cariche si accumuleranno sulle due piastre. Un oggetto che accumula carica in questo modo viene chiamato *condensatore*.

La corrente comincia a scorrere nell'istante in cui viene collegata la batteria, ma in seguito gli elettroni smetteranno di muoversi, a mano a mano che le piastre si caricano.

In altri termini, se un alimentatore DC è collegato a un condensatore, la corrente comincia inizialmente a scorrere, per poi calare quando il condensatore si carica. Se a questo punto la batteria viene scollegata, la carica resta comunque immagazzinata nel condensatore. Se adesso colleghiamo la batteria nel verso opposto, il condensatore tenderà a invertire la polarità, accumulando la stessa quantità di carica ma di segno opposto.

La proprietà per cui un condensatore può accumulare carica prende il nome di *capacità*: il suo valore è direttamente proporzionale alla superficie della piastra metallica e inversamente proporzionale alla distanza tra le due piastre.

La capacità si misura in *Farad (F)*.



Carica accumulata in un condensatore.

I CONDENSATORI E LA CORRENTE ALTERNATA

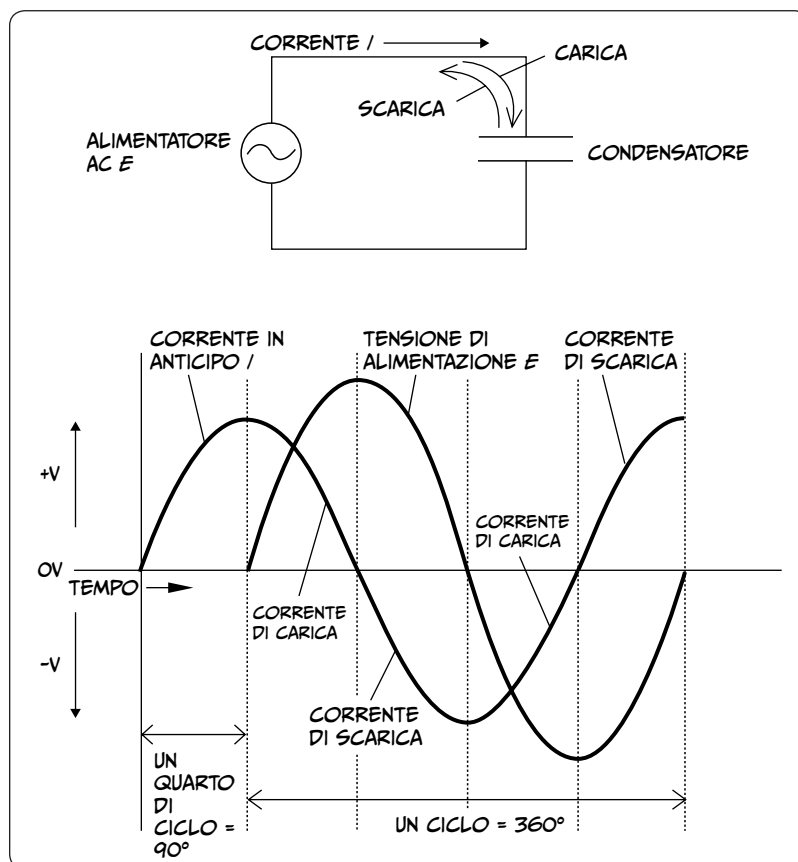
Se si applica una tensione AC a un condensatore, la corrente scorrerà finché la tensione di alimentazione non avrà raggiunto il suo picco (partendo da 0V). La corrente è nulla in corrispondenza del valore massimo della tensione di alimentazione. Quando la tensione si allontana dal picco, il condensatore comincia a scaricarsi e la corrente di scarica

raggiunge il suo massimo quando la tensione di alimentazione è 0V. A questo punto avviene un'inversione della polarità della tensione di alimentazione e la corrente continua a scorrere. La carica del condensatore si fermerà quando la tensione avrà nuovamente raggiunto il picco (stavolta nella polarità opposta) e a quel punto ripartirà la scarica. Se un condensatore è collegato a un alimentatore AC, la variazione della corrente è in anticipo di 90 gradi rispetto alla variazione della tensione di alimentazione. Questa corrente prende il nome di *corrente in anticipo*.

Un condensatore si comporta come una resistenza nei confronti della corrente alternata. Questo fenomeno prende il nome di *reattanza capacitiva* e il suo valore è inversamente proporzionale alla frequenza.

Se un circuito AC comprende un induttore, la corrente è in ritardo e il fattore di potenza diminuisce. Collegando anche un condensatore al circuito la corrente verrà anticipata provocando un aumento del fattore di potenza.

In un circuito AC, condensatori e induttori si comportano come resistenze e vengono chiamati *impedenze*.



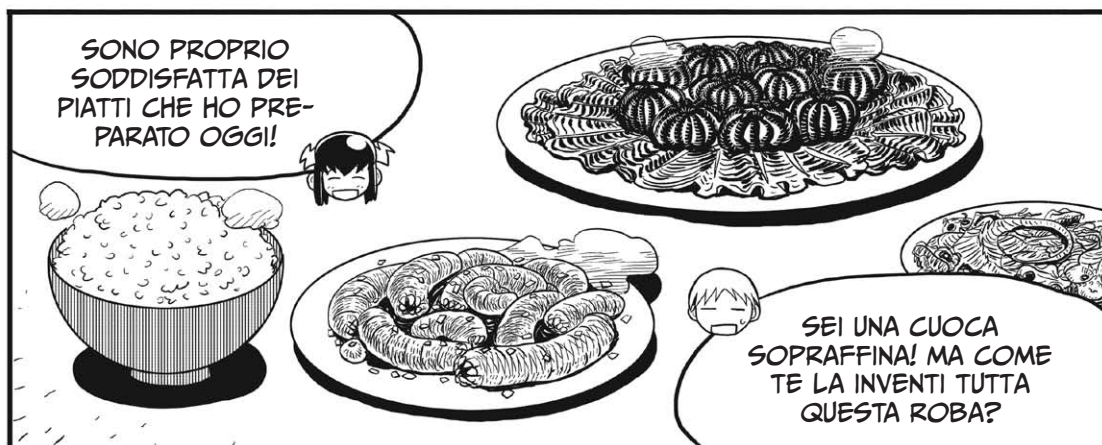
Corrente in anticipo all'interno di un condensatore.

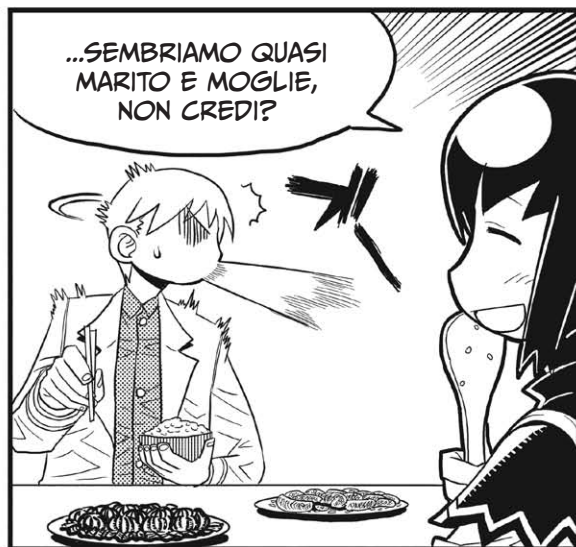


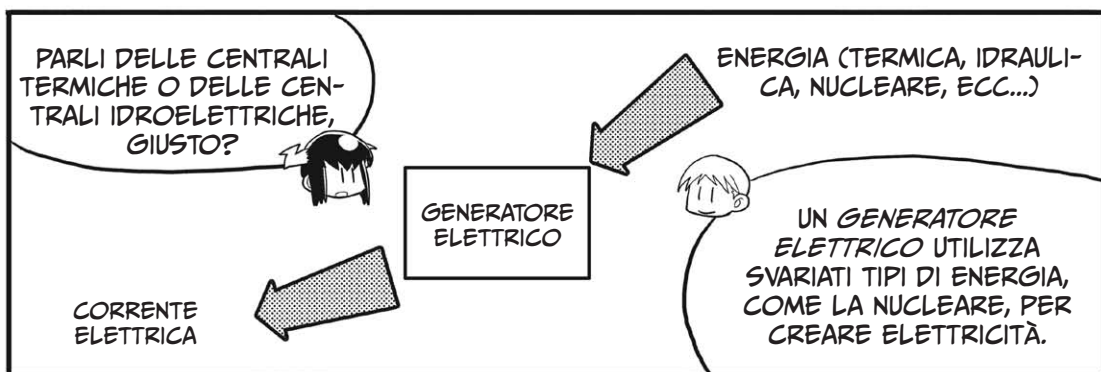
4

COME SI CREA L'ELETTRICITÀ?







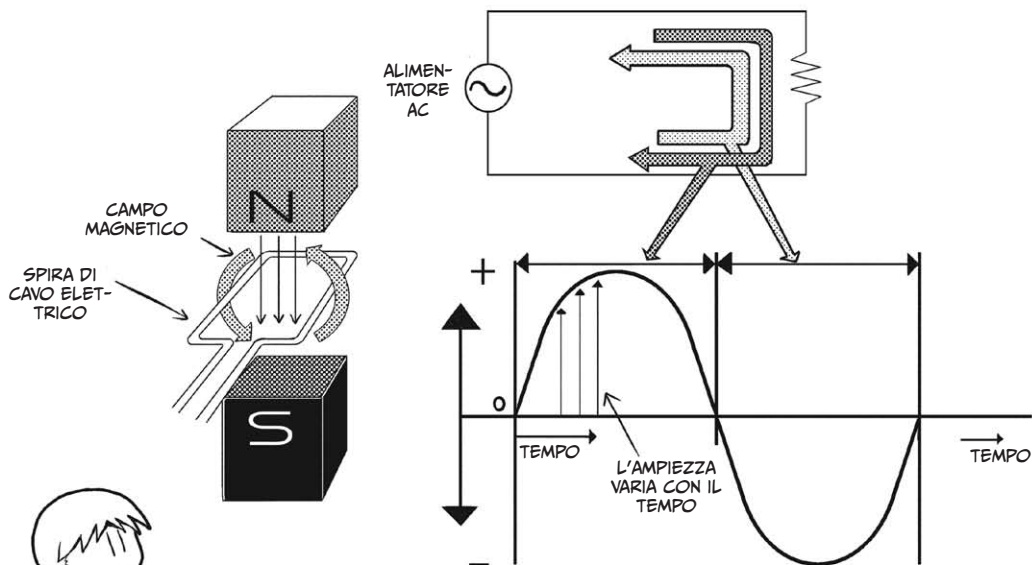


COME FA UN GENERATORE DI POTENZA A CREARE L'ELETTRICITÀ?

PRIMA PARLIAMO DELL'ELETTRICITÀ CHE VIENE CREATA DA UN GENERATORE ELETTRICO. L'ALTRO GIORNO ABBIAMO PARLATO DELL'ELETTRICITÀ CHE SI CREA SECONDO LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING.



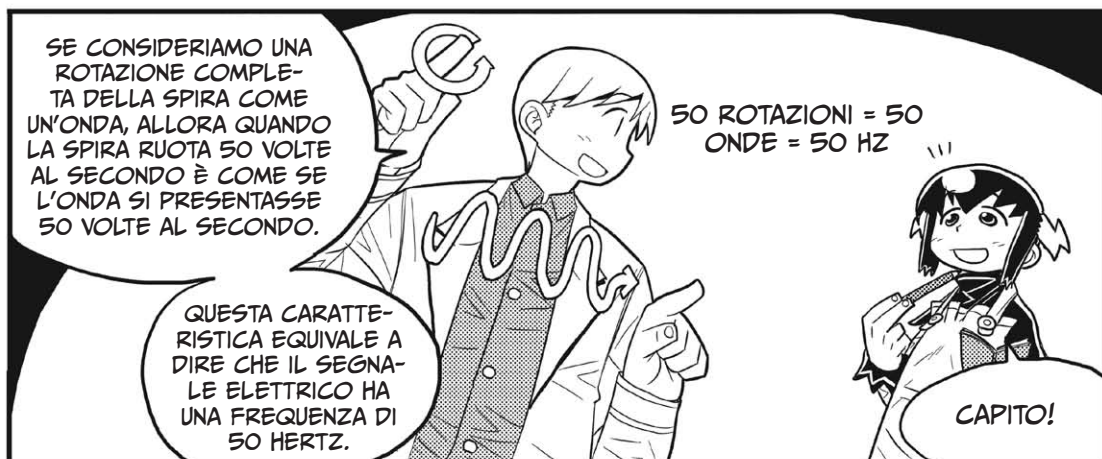
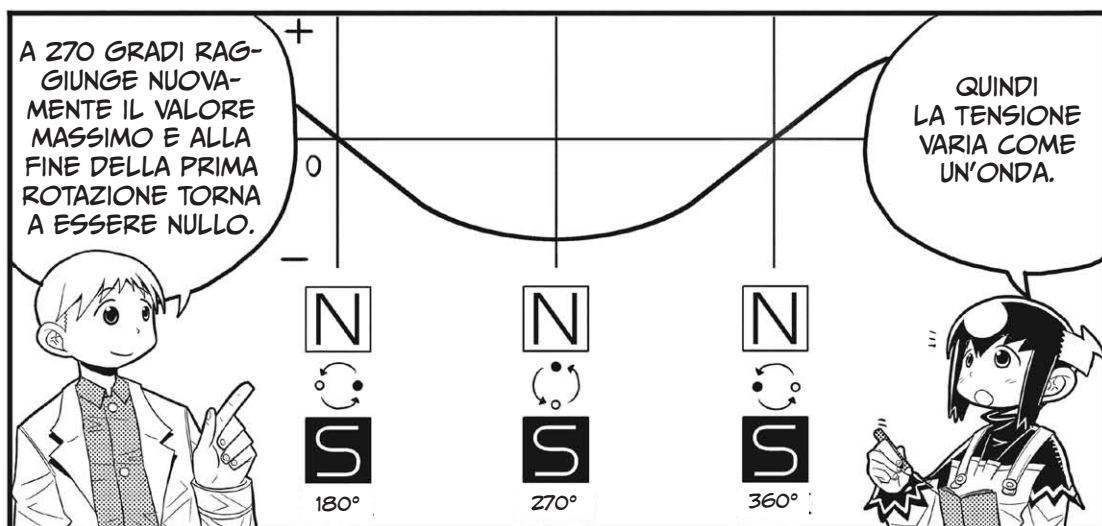
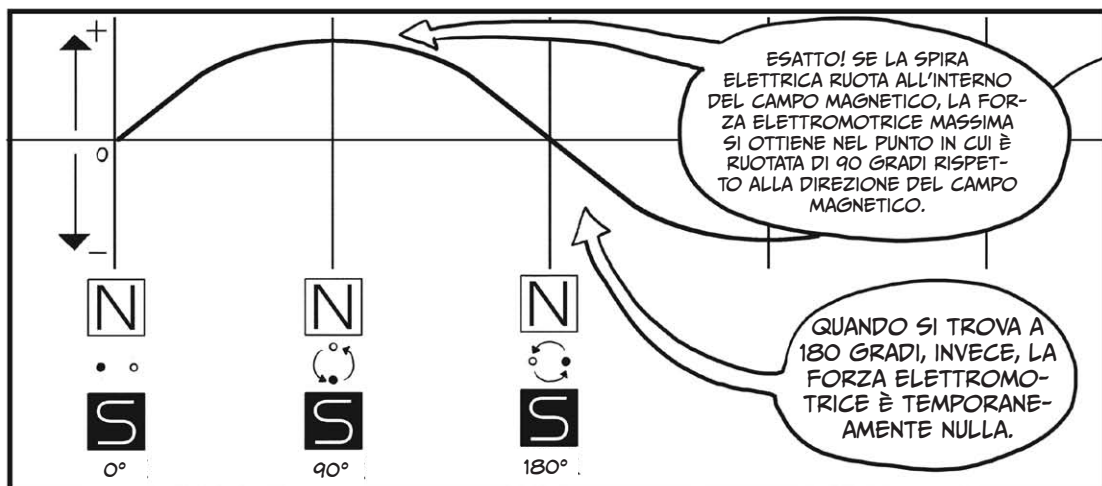
SÌ! È QUESTA, GIUSTO?



SÌ, MA IN REALTÀ, VISTO CHE LA SPIRA RUOTA ALL'INTERNO DEL CAMPO MAGNETICO, L'ELETTRICITÀ CHE SI CREA HA UN'INTENSITÀ E UN VERSO CHE VARIANO CICLICAMENTE, COME IN UN'ONDA.

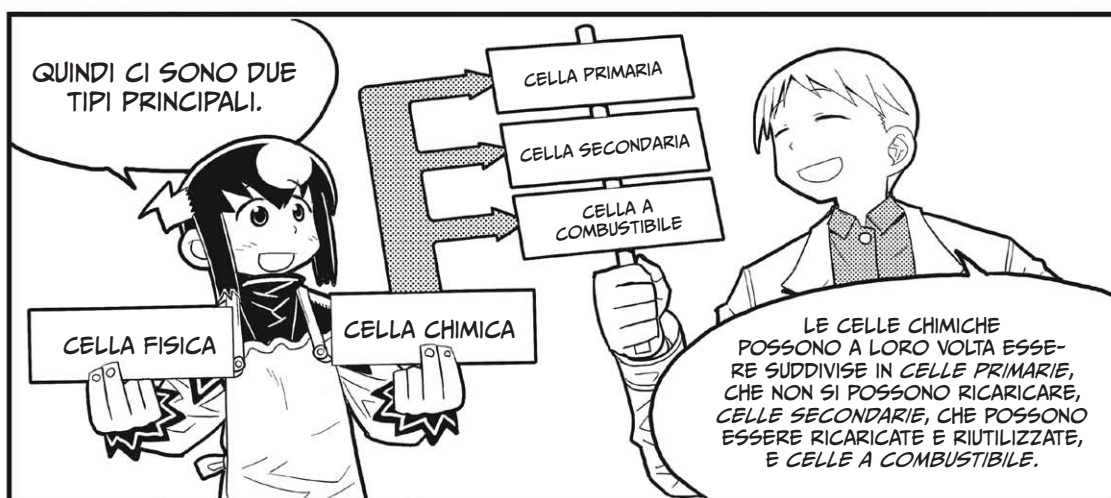
QUESTA È LA CORRENTE ALTERNATA, GIUSTO?

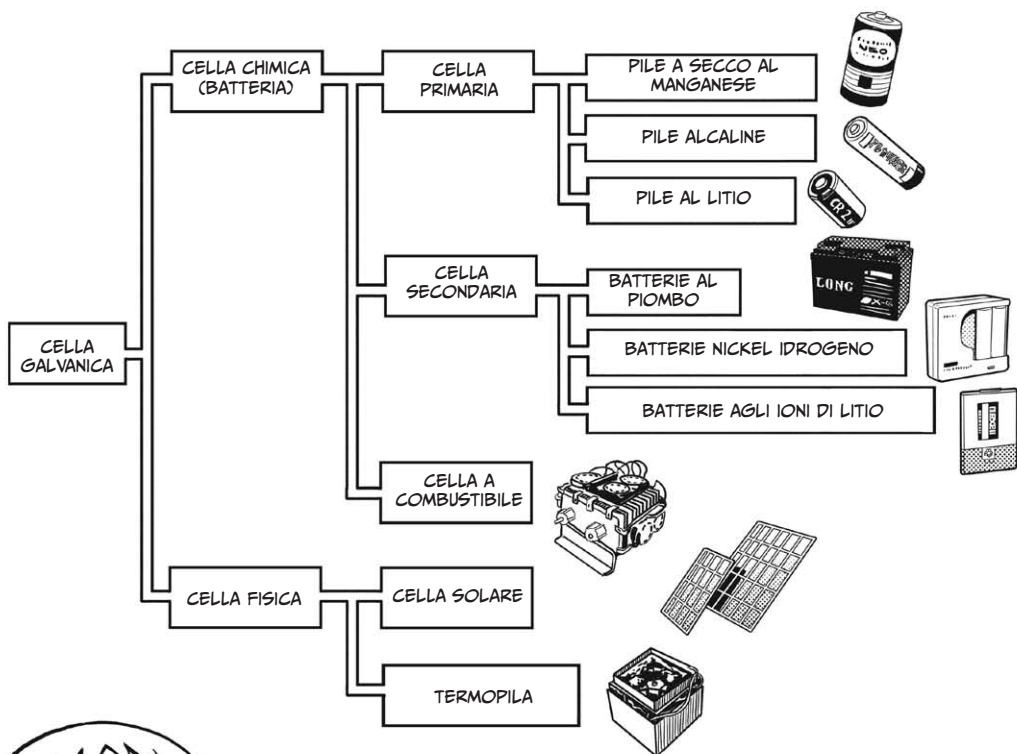
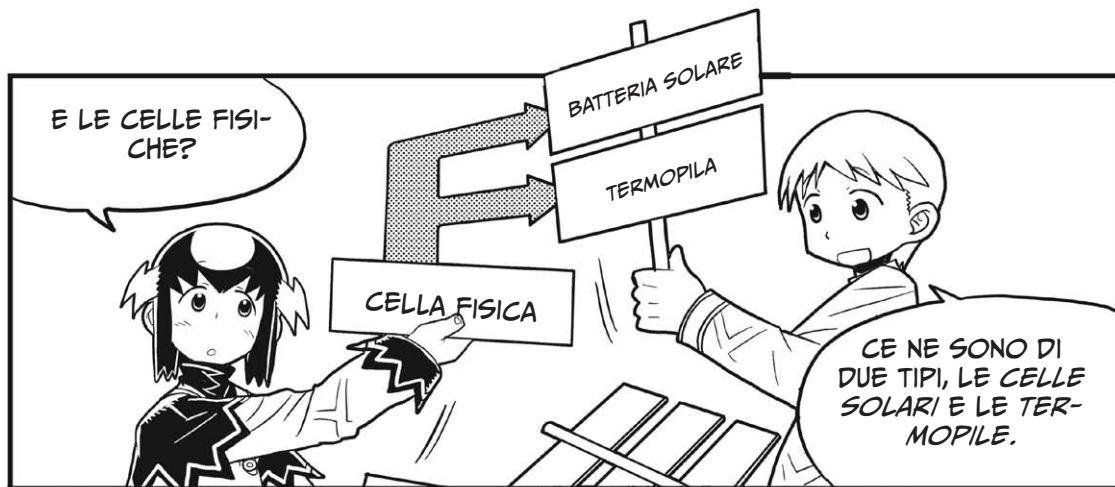




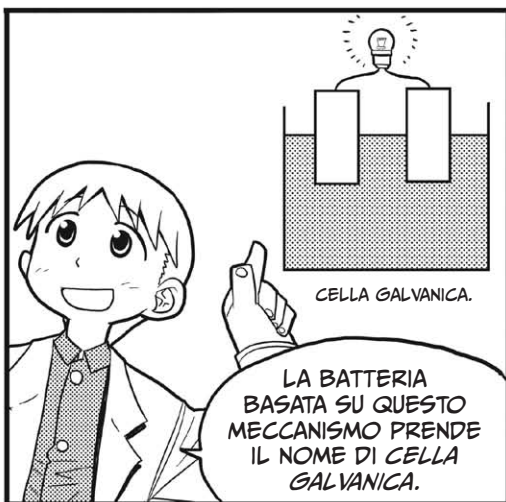
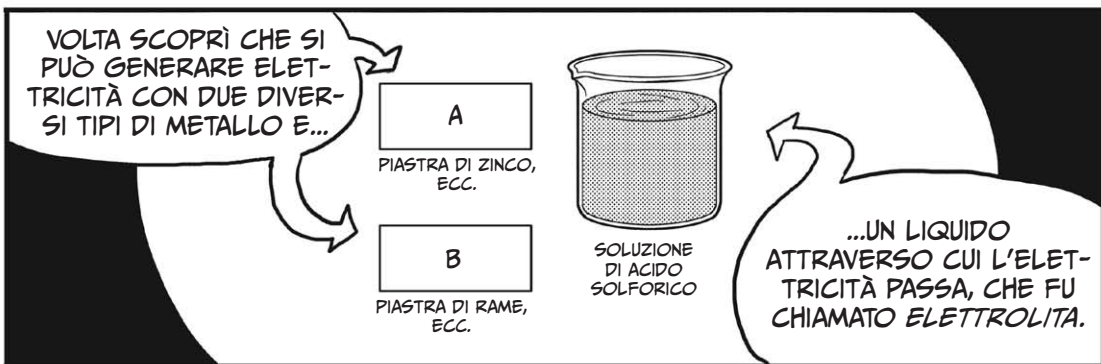


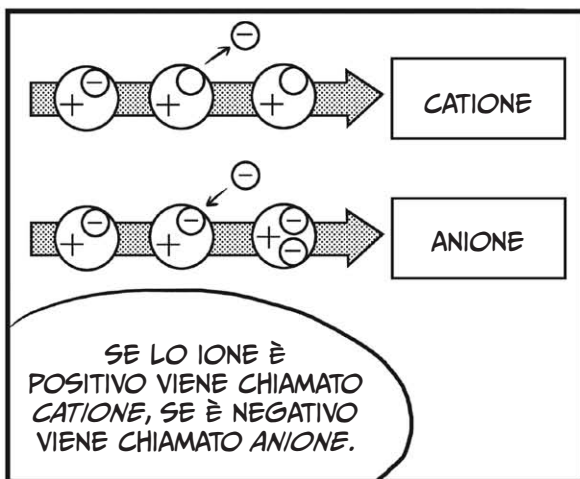
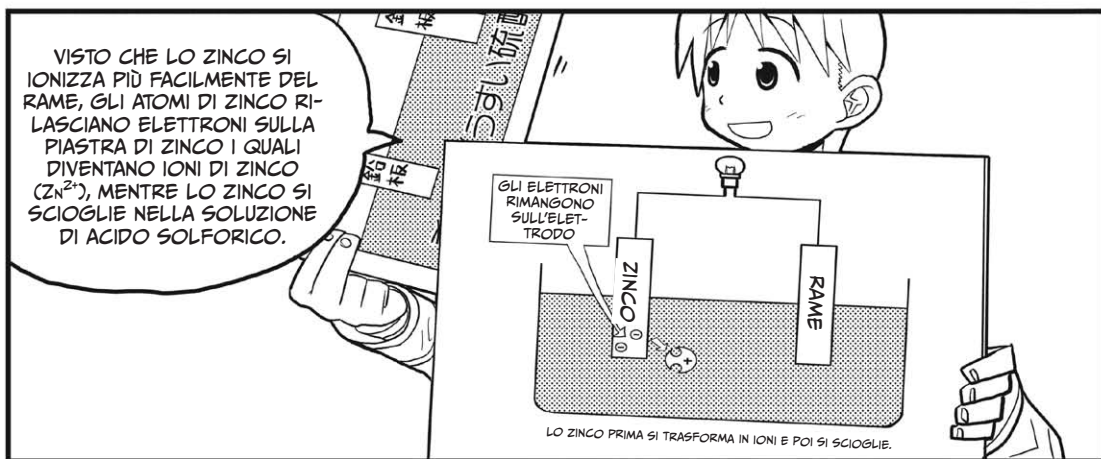
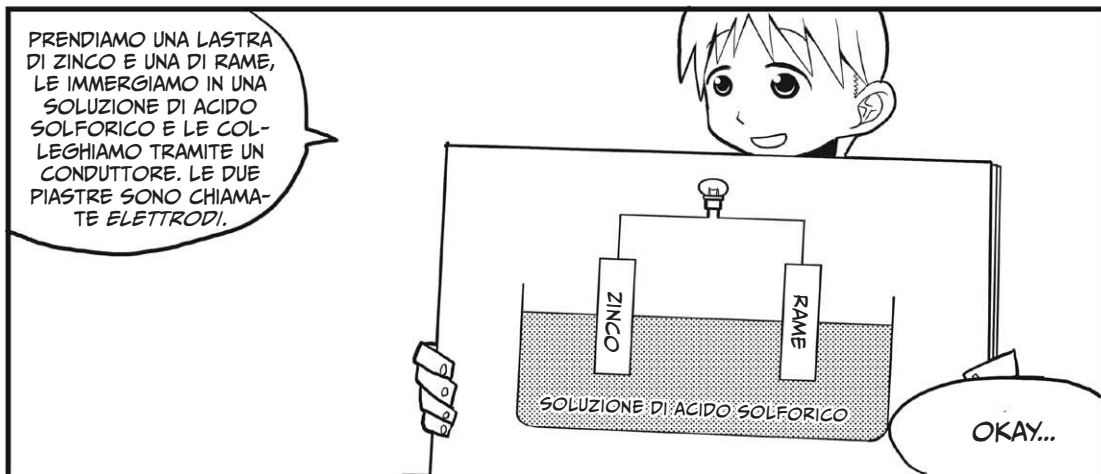
LE BATTERIE E ALTRE SORGENTI DI ELETTRICITÀ

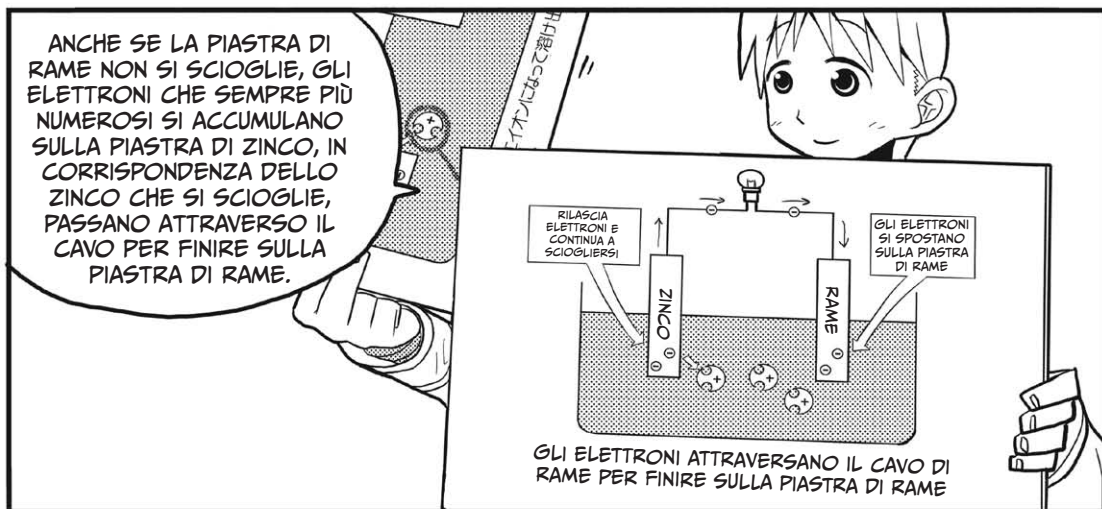




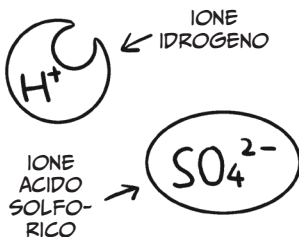
LE CELLE CHIMICHE





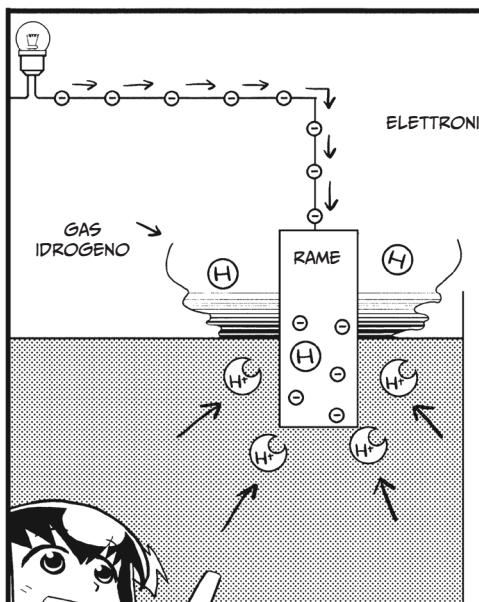
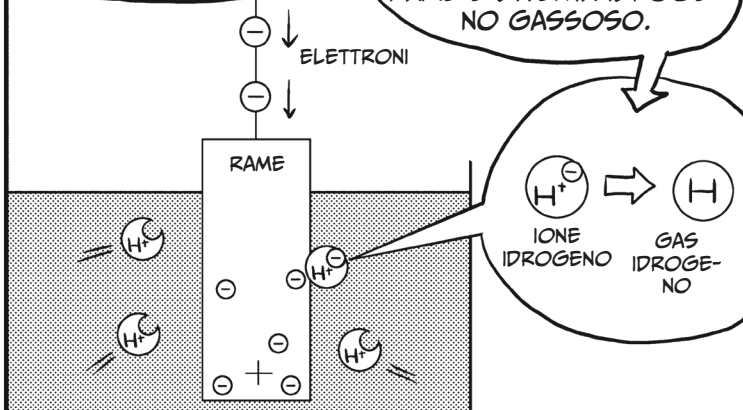


NELLA SOLUZIONE DI ACIDO SOLFORICO ESISTONO IONI IDROGENO H^+ E IONI ACIDO SOLFORICO SO_4^{2-} ...



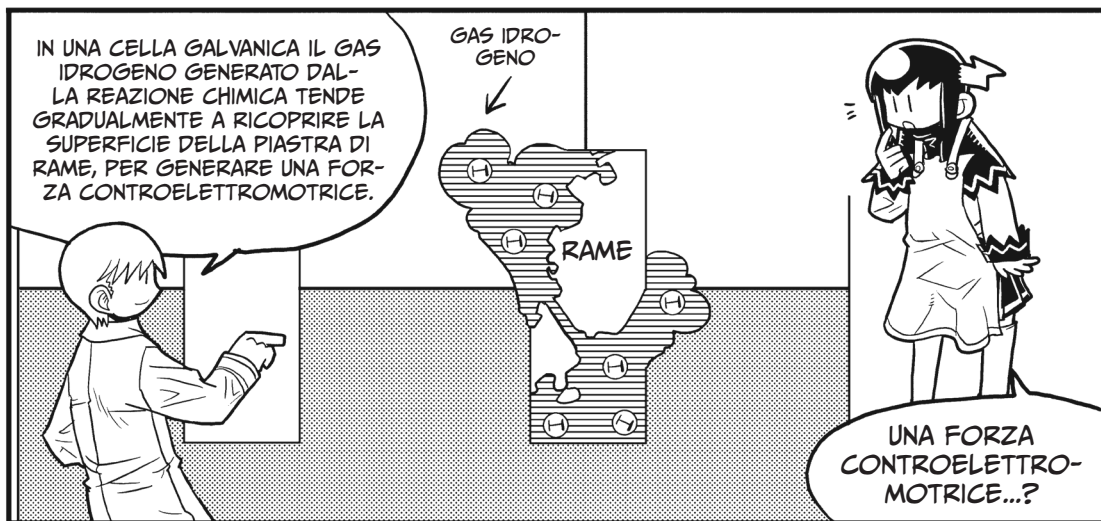
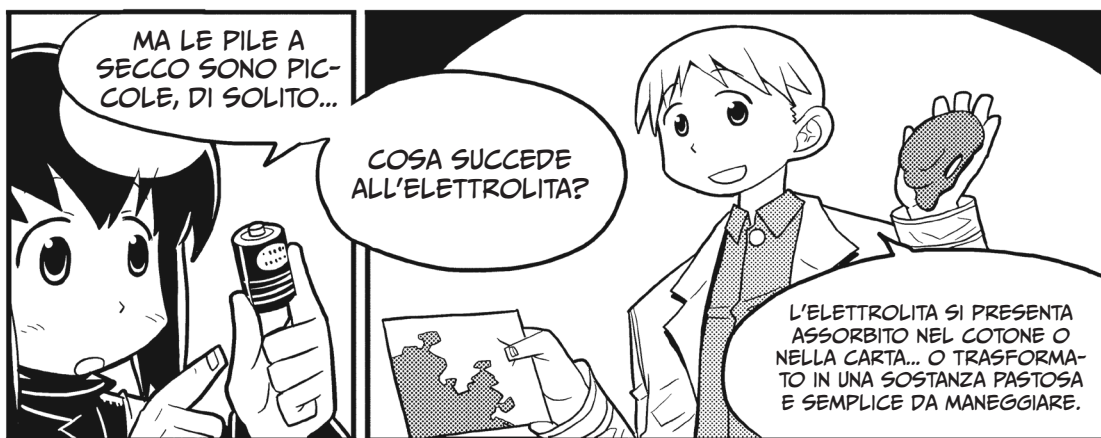
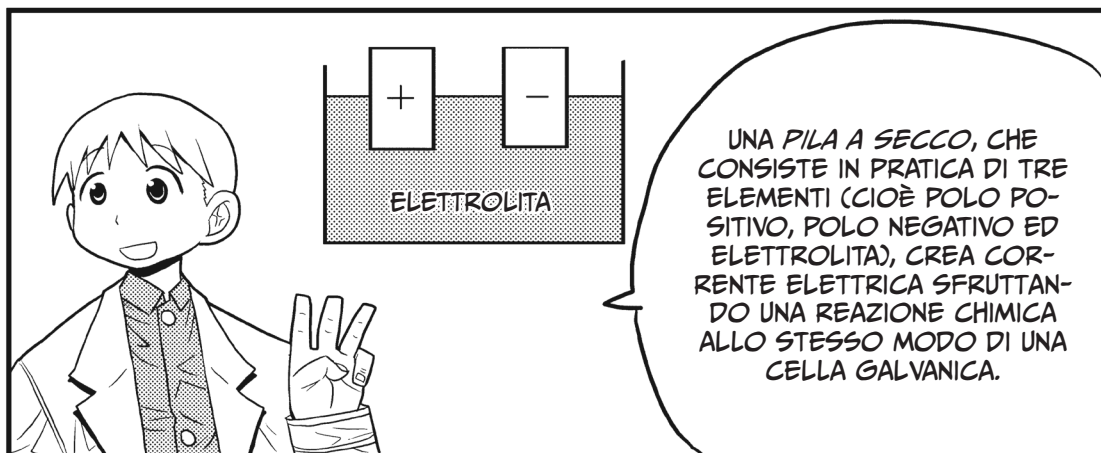
SE SI PRODUCONO IONI DI ZINCO L'IDROGENO, CHE HA UNA TENDENZA A IONIZZARSI MINORE DELLO ZINCO...

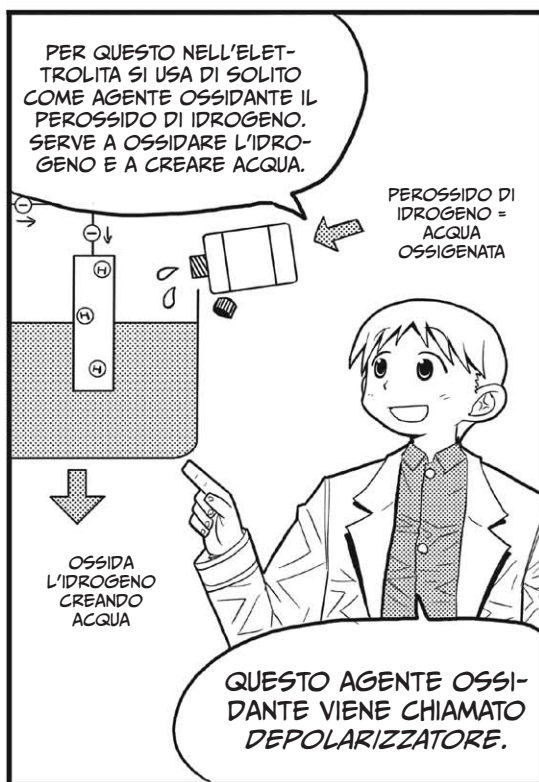
...SI UNISCE AGLI ELETTRONI CHE SI SONO TRASFERITI SULLA PIASTRA DI RAME E DIVENTA IDROGENO GASSOSO.

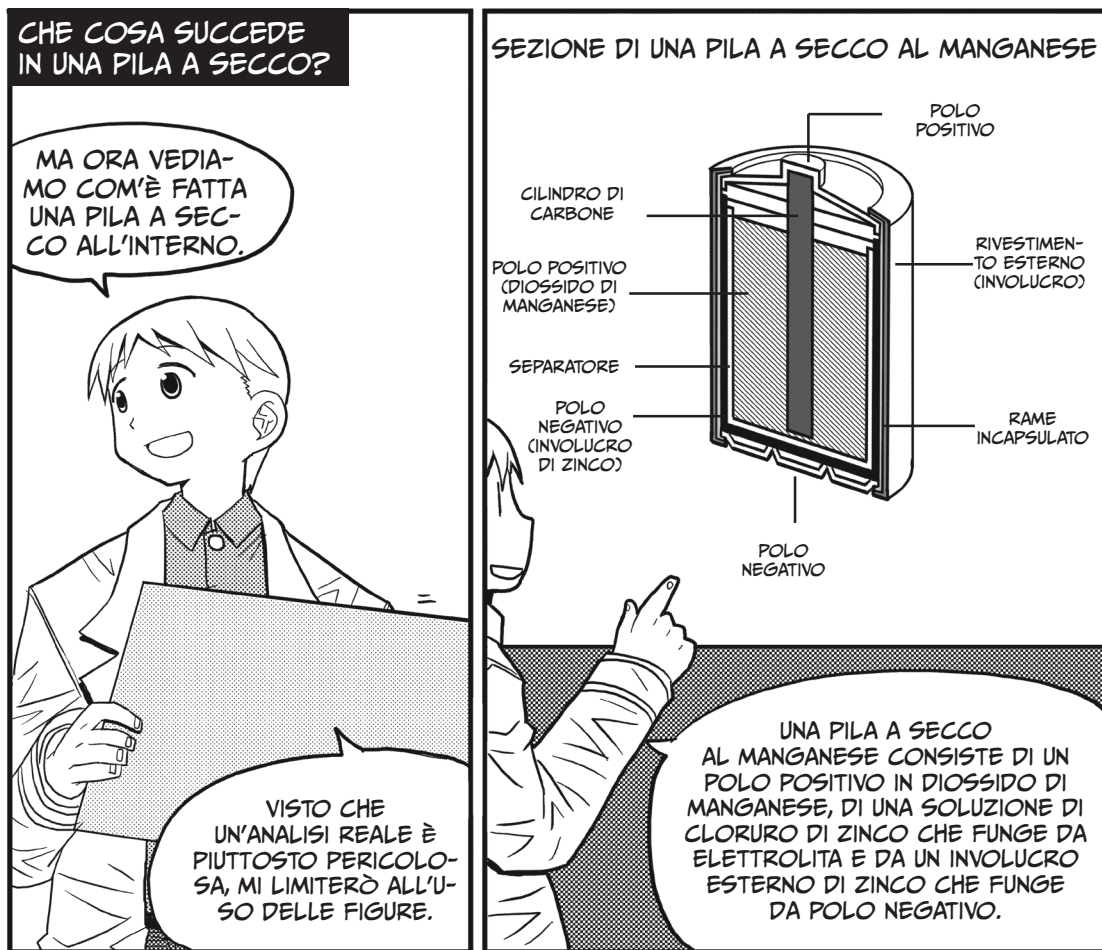


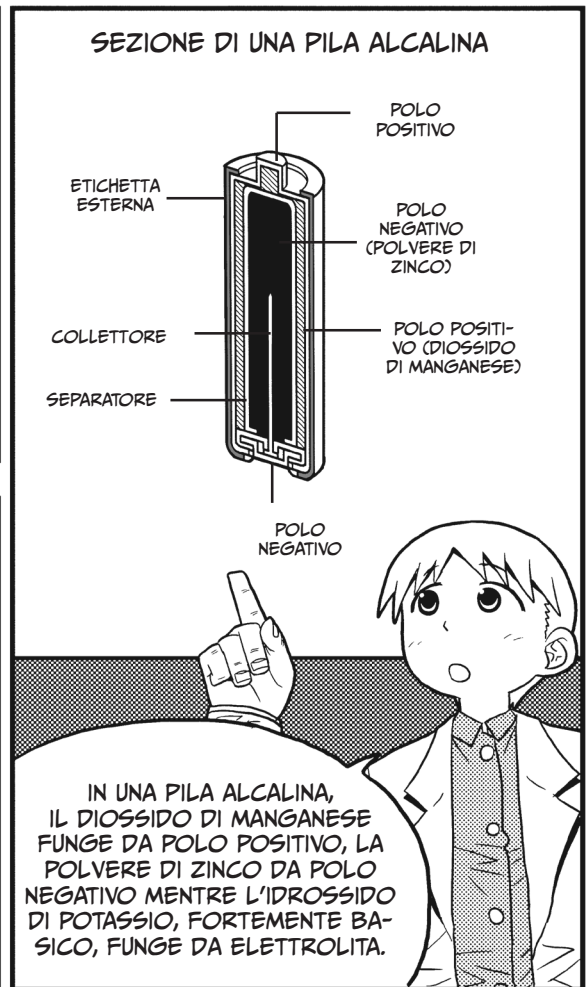
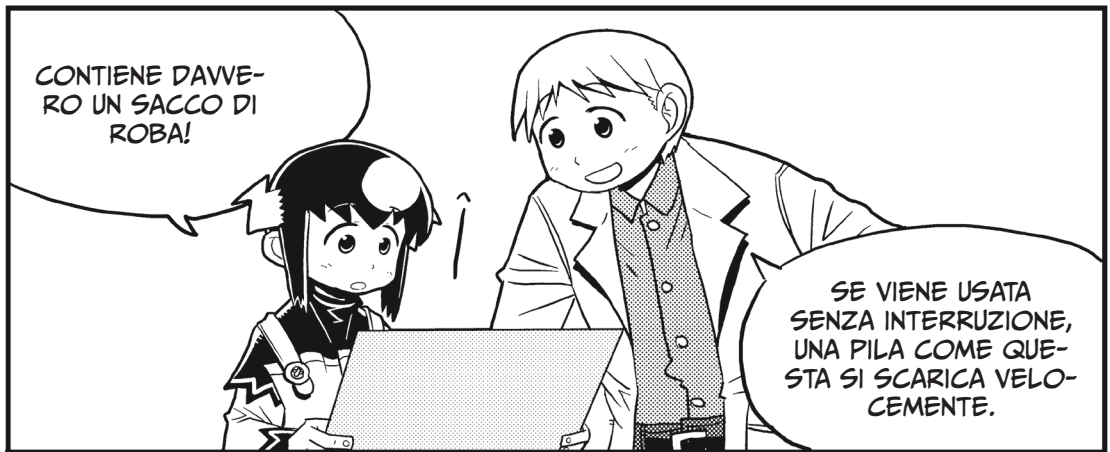
QUINDI SULLA PIASTRA DI RAME SI FORMA GAS IDROGENO!







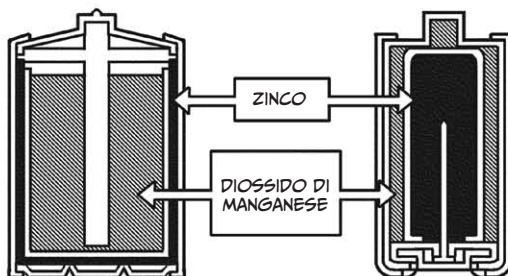




ANCHE SE LE PILE AL MANGANESE E LE PILE ALCALINE SI SOMIGLIANO MOLTO ALL'ESTERNO, DENTRO SONO PA-RECCIO DIVERSE, O SBAGLIO?

PILA A SECCO AL MANGANESE

PILA ALCALINA

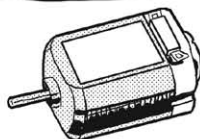


IN UNA PILA AL MAN-
GANESE LA PARTE ESTER-
NA È IN ZINCO MENTRE
L'INTERNO È IN DIOSSIDO
DI MANGANESE...

...MENTRE NELLA PILA
ALCALINA LO ZINCO È
ALL'INTERNO E ALL'E-
STERNO C'È IL DIOSSI-
DO DI MANGANESE.

VISTO CHE LA PILA ALCALINA
PUÒ CONTENERE UN SACCO
DI DIOSSIDO DI MANGANE-
SE E DI ZINCO, DURA PIÙ
A LUNGO E FORNISCE PIÙ
CORRENTE.

QUINDI LE PILE
ALCALINE SONO INDI-
CATE PER ALIMEN-
TARE DISPOSITIVI CHE
RICHIEDONO MOLTA
CORRENTE, COME I
MOTORI.



CAPISCO.

PILA A SECCO AL MANGANESE

QUANDO È SCOLLEGATA LA
TENSIONE SI RIPRISTINA

ORO-
LOGI TORCE
TELECOMANDI

PILA ALCALINA

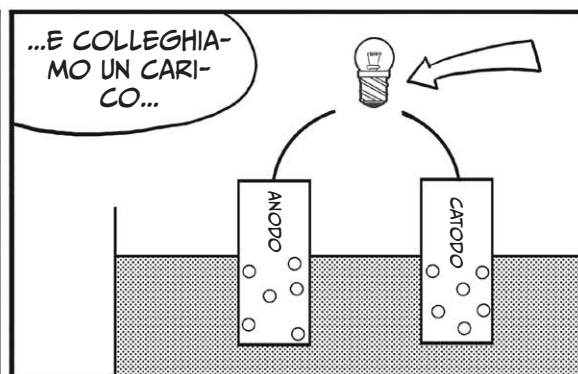
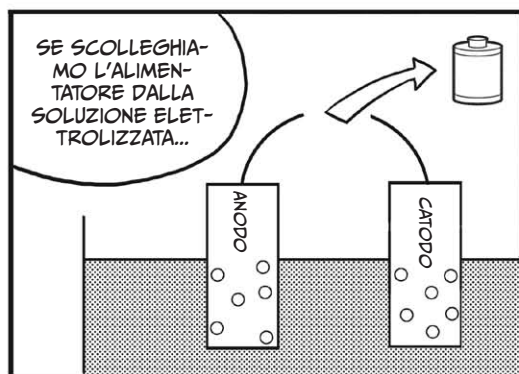
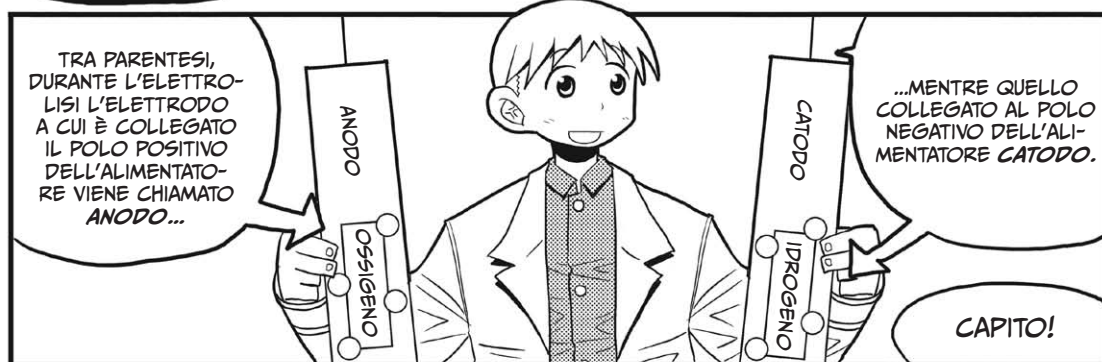
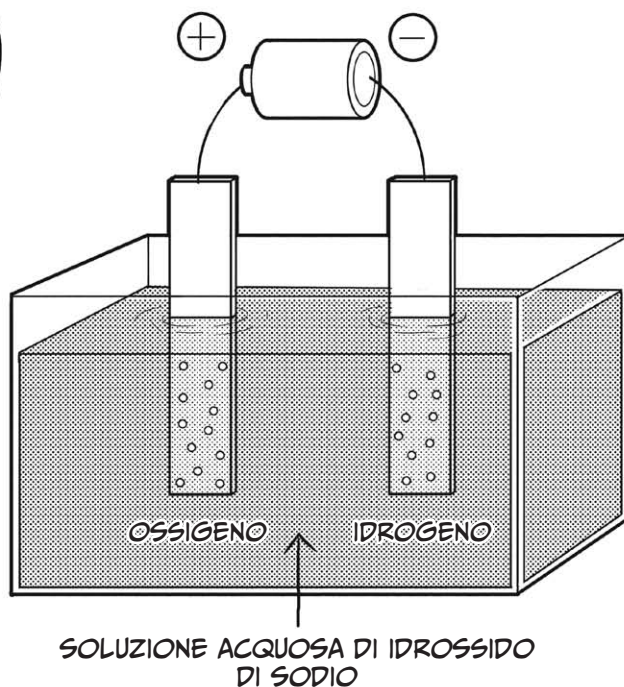
L'ENERGIA ELETTRICA È BRO-
GATA SENZA INTERRUZIONI

MOTORI FOTOCAME-
RE DIGITALI
RADIO PORTATILI

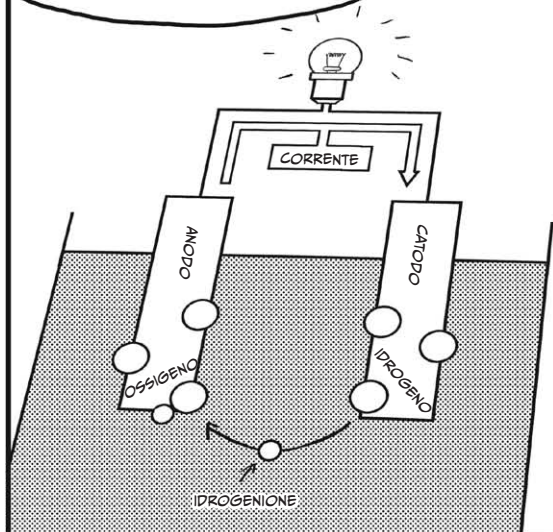
SE CAPISCI LE
CARATTERISTICHE
DI UNA PILA POTRAI
UTILIZZARLA NEL
MODO MIGLIORE
CON I DIVERSI
DISPOSITIVI.

PROPRIO
COSÌ!

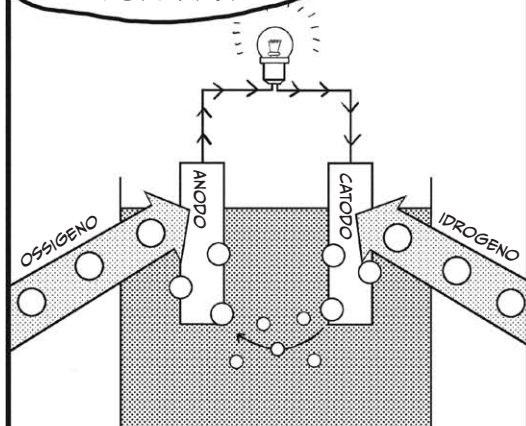




...L'IDROGENO E L'OSSIGENO
RISULTANTI DALLA DECOMPOSI-
ZIONE SI COMBINERANNO PER
PRODURRE ELETTRICITÀ, AC-
QUA E CALORE. È IL PRINCIPIO
SU CUI SI BASANO LE CELLE
A COMBUSTIBILE.

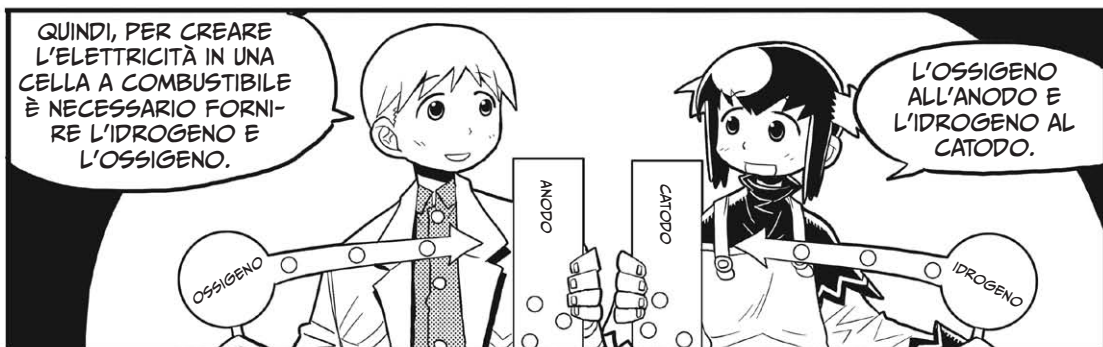


SE CONTINUIAMO A
FORNIRE IDROGENO E
OSSIGENO, L'ELETTRI-
CITÀ CONTINUERÀ A
FORMARSI.



MA È INCREDI-
BILE!

QUINDI, PER CREARE
L'ELETTRICITÀ IN UNA
CELLA A COMBUSTIBILE
È NECESSARIO FORNI-
RE L'IDROGENO E
L'OSSIGENO.



L'OSSIGENO
ALL'ANODO E
L'IDROGENO AL
CATODO.

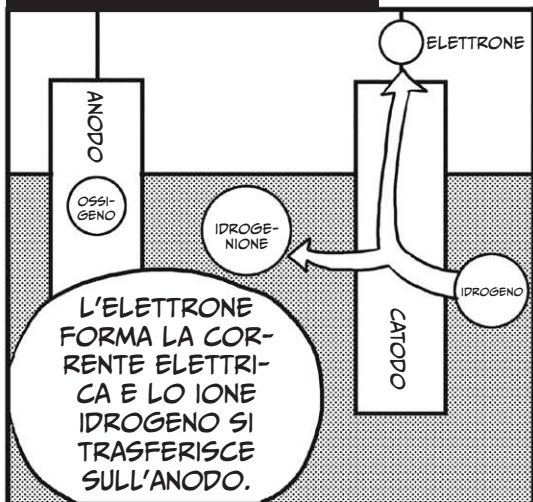
L'IDROGENO
FORNITO...



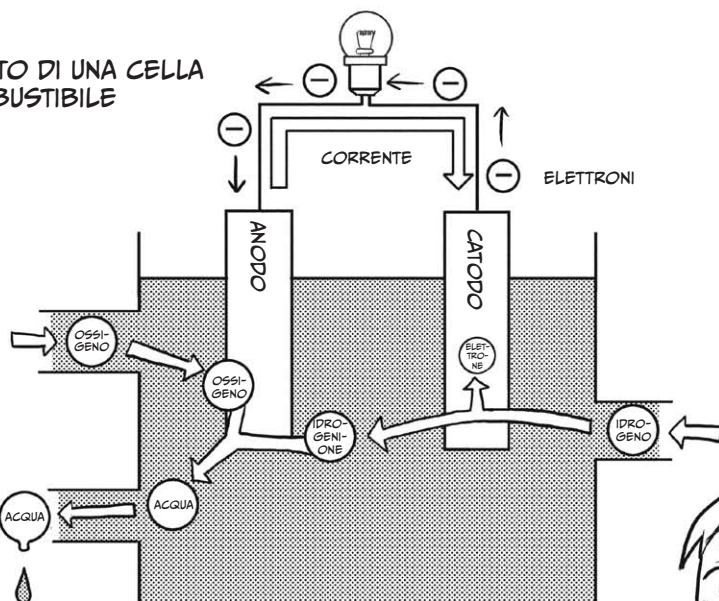
...SI SCOMPONE IN IONI
IDROGENO ED ELETTRO-
NI GRAZIE ALL'AZIONE
DEL CATALIZZATORE DEL
CATODO.



ANODI E CATODI



FUNZIONAMENTO DI UNA CELLA A COMBUSTIBILE



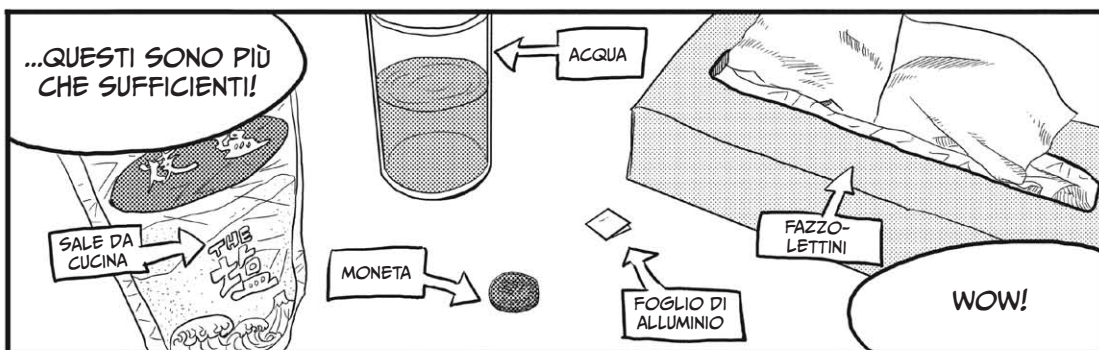
SE L'ACQUA È IL RISULTATO DELLA CREAZIONE DELL'ELETTRICITÀ, IMMAGINO CHE QUESTO METODO SIA PARTICOLARMENTE ECOLOGICO, O SBAGLIO?

ESATTO.



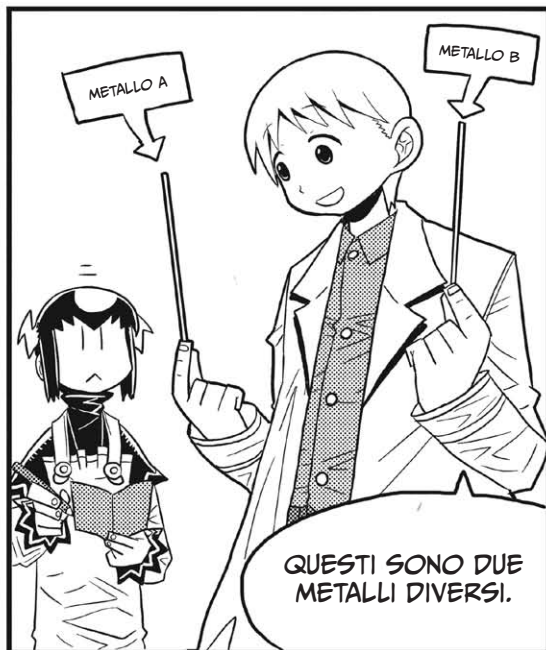


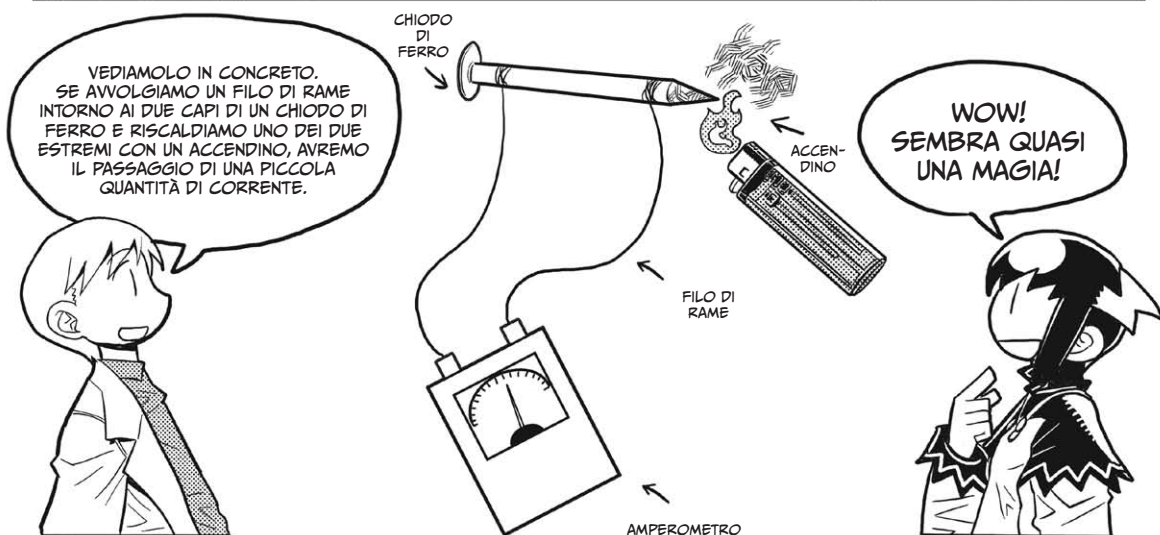
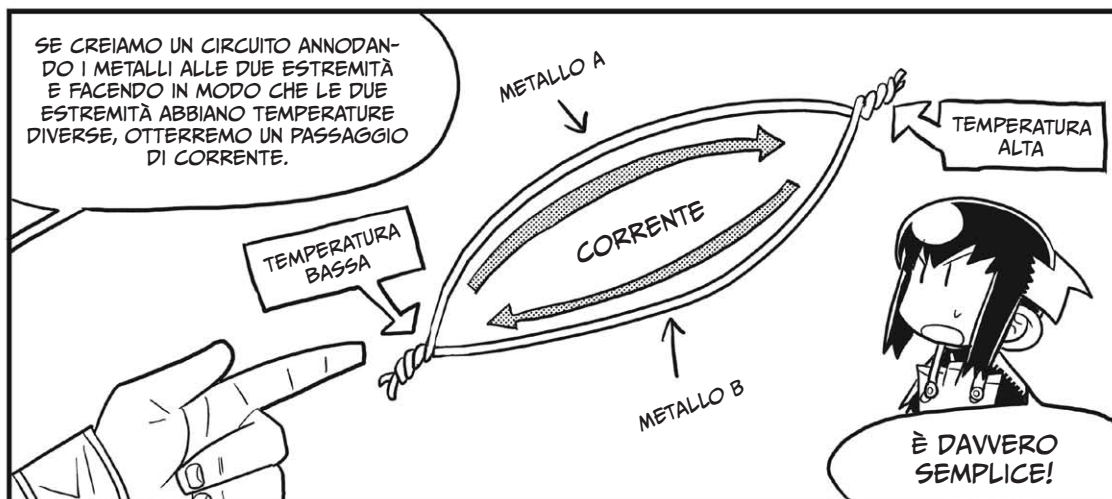
CREA LA TUA PILA A BOTTONE



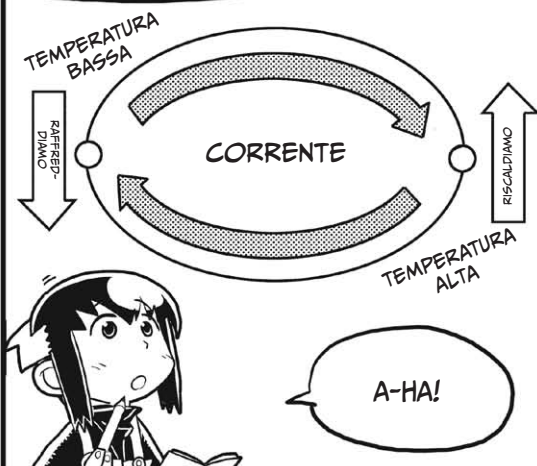


LE TERMOPILE





SE AUMENTA LA DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA I DUE ESTREMI, AUMENTERÀ DI CONSEGUENZA ANCHE LA QUANTITÀ DI CORRENTE ELETTRICA. E QUEST'ULTIMA CONTINUERÀ A SCORRERE FINCHÉ ESISTERÀ UNA DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA LE DUE ESTREMITÀ.



LE GIUNZIONI FATTE IN QUESTO MODO TRA I DUE METALLI SI CHIAMANO TERMOCOPPIE.



L'AMPEROMETRO, IN QUESTA MODALITÀ, PUÒ ANCHE ESSERE UTILIZZATO COME UN TERMOMETRO.

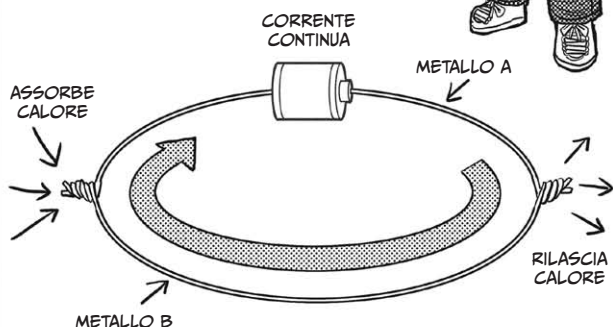
UN AMPEROMETRO MISURA LA CORRENTE IN UN CIRCUITO.

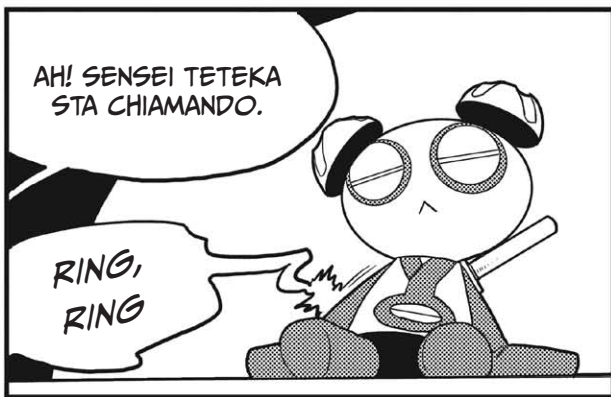
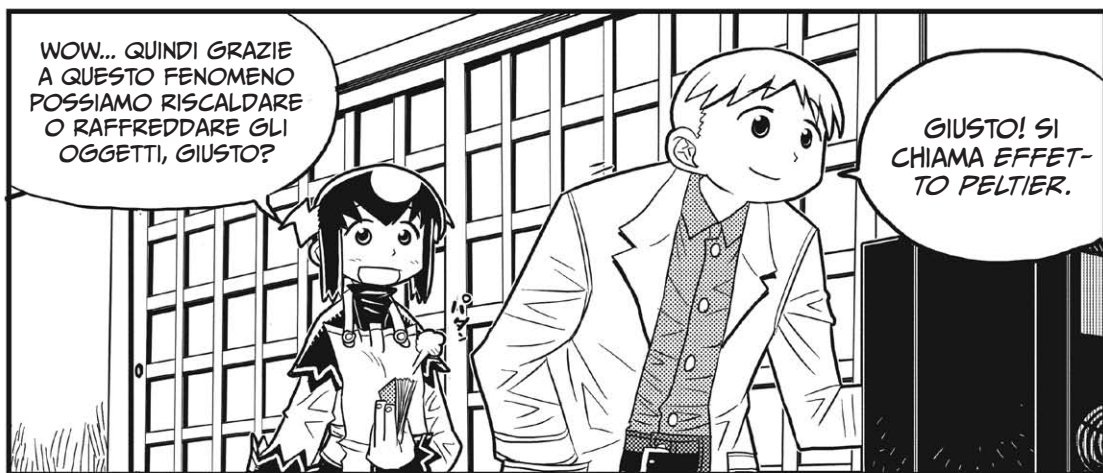


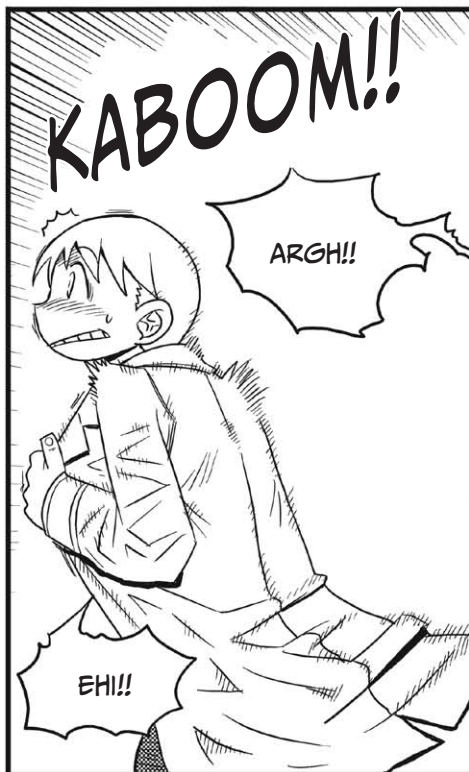
QUESTO PERCHÉ POSSIAMO RICAVARE LA TEMPERATURA DELLA TERMOCOPPIA DAL VALORE DELLA CORRENTE, GIUSTO?

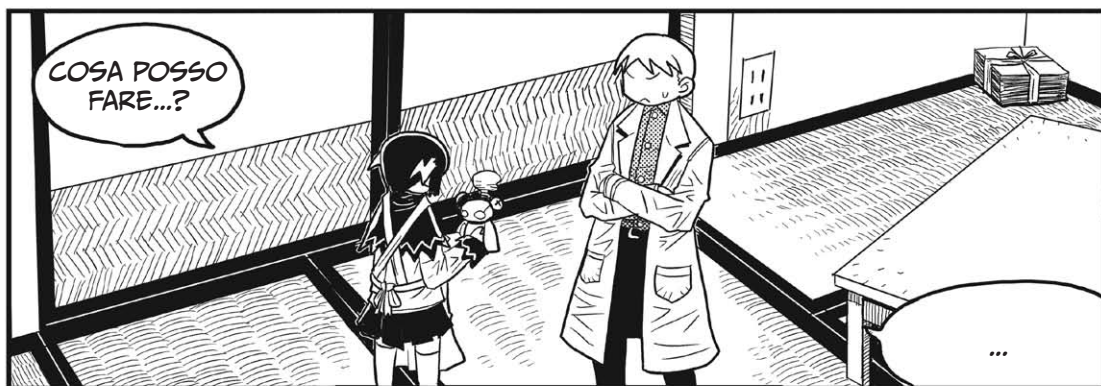
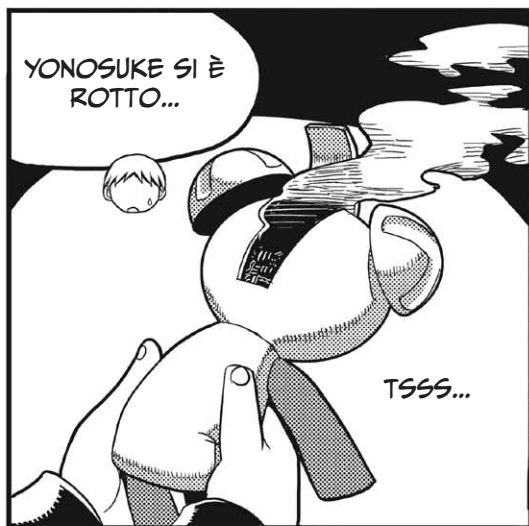


ESISTE ANCHE IL FENOMENO OPPOSTO ALL'EFFETTO SEEBECK: SE UN GENERATORE DI CORRENTE CONTINUA VIENE APPLICATO AL CIRCUITO DELLE TERMOCOPPIE, LA CORRENTE FARÀ SÌ CHE UNA DELLE GIUNZIONI ASSORBA CALORE, MENTRE L'ALTRA LO RILASCI.



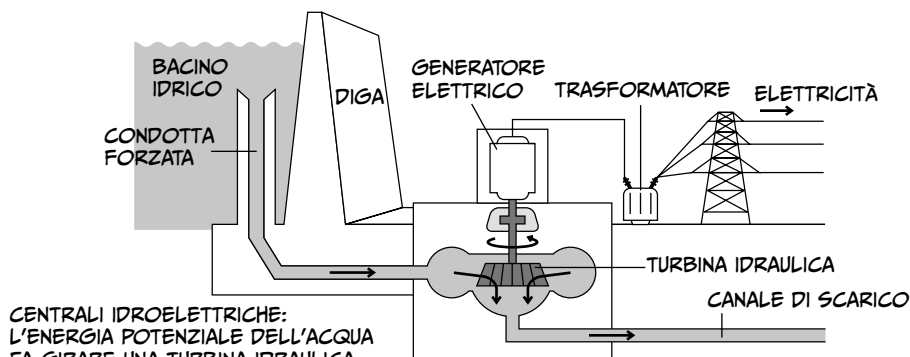




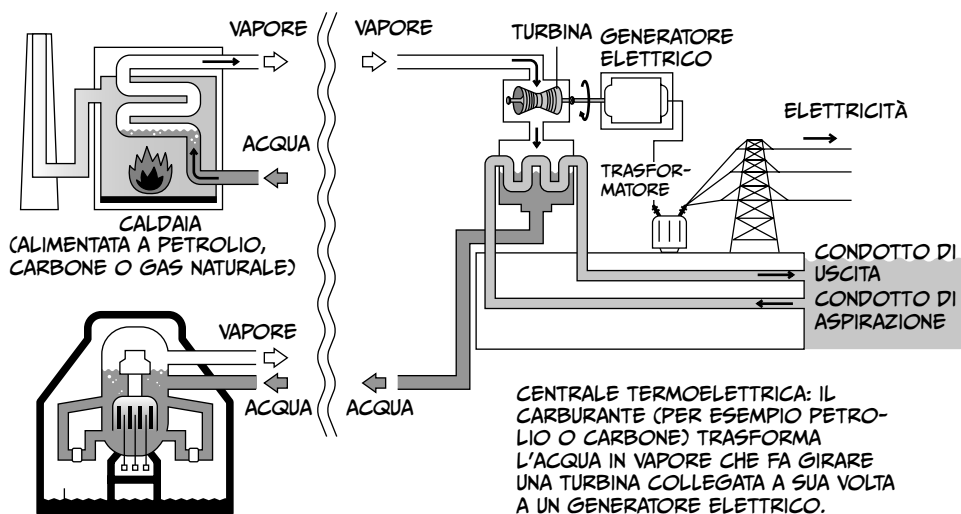


L'ELETTRICITÀ CREATA DA UNA CENTRALE ELETTRICA

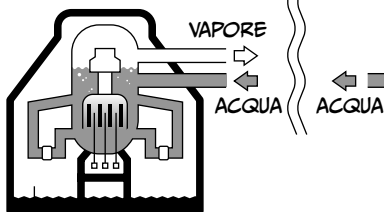
Nelle centrali elettriche l'elettricità si genera a partire dalla rotazione di una turbina, che può essere alimentata in vari modi.



CENTRALI IDROELETTRICHE: L'ENERGIA POTENZIALE DELL'ACQUA FA GIRARE UNA TURBINA IDRAULICA COLLEGATA A UN GENERATORE ELETTRICO.



CENTRALE TERMoeLETTRICA: IL CARBURANTE (PER ESEMPIO PETROLIO O CARBONE) TRASFORMA L'ACQUA IN VAPORE CHE FA GIRARE UNA TURBINA COLLEGATA A SUA VOLTA A UN GENERATORE ELETTRICO.

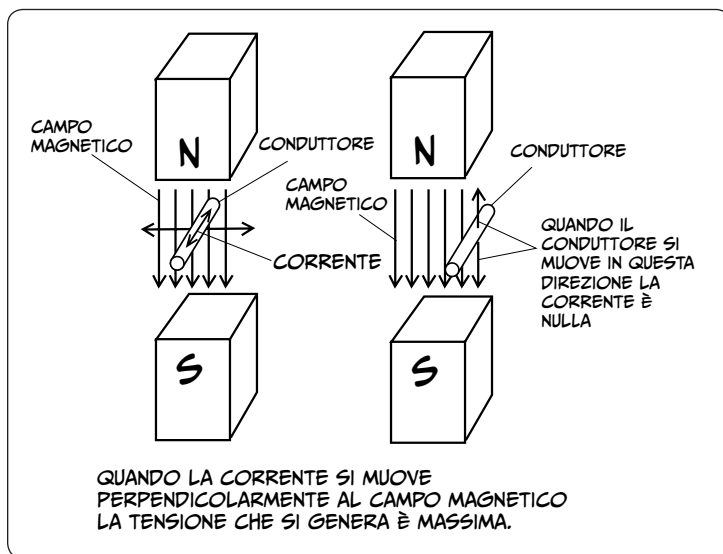


REATTORE NUCLEARE
(FISSIONE NUCLEARE
DELL'URANIO)

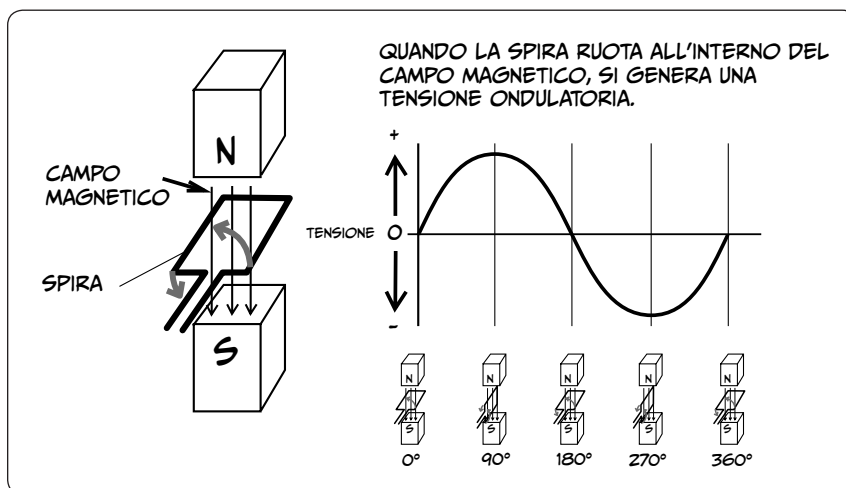
CENTRALE NUCLEARE: IL CALORE GENERATO DALLA FISSIONE NUCLEARE TRASFORMA L'ACQUA IN VAPORE CHE FA GIRARE UNA TURBINA COLLEGATA A SUA VOLTA A UN GENERATORE ELETTRICO.

L'elettricità creata da una centrale elettrica.

Un generatore elettrico crea elettricità secondo la regola della mano destra di Fleming. Visto che il conduttore sta ruotando all'interno del campo magnetico, la quantità e la direzione della corrente elettrica variano in modo ondulatorio. La tensione massima si ottiene quando la spira intercetta le linee del campo magnetico ad angolo retto, mentre quando le due direzioni (del campo magnetico e della spira) sono uguali la tensione è nulla.



Elettricità generata in un conduttore.

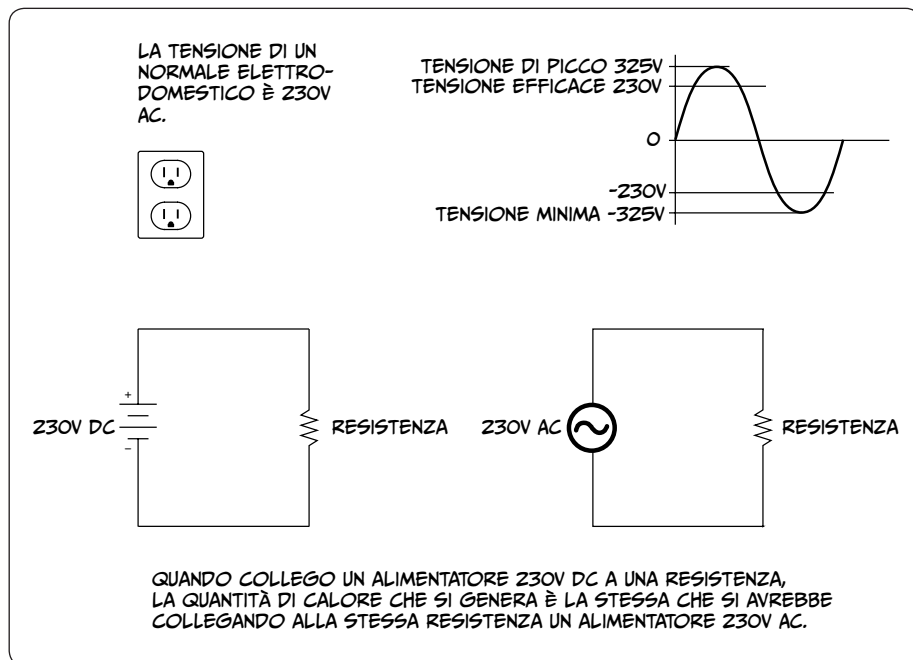


Elettricità creata da un generatore elettrico.

La corrente elettrica che si crea tramite questo processo viene chiamata *corrente alternata (AC)*. Si tratta della corrente che esce dalle prese elettriche domestiche.

Un'onda corrisponde a una rotazione del conduttore all'interno del campo magnetico, se il conduttore ruota 50 volte al secondo, si producono 50 onde al secondo. La corrente elettrica in questo caso ha una frequenza di 50 hertz (Hz).

La tensione di un comune elettrodomestico è di 230V AC. La *tensione di picco* dell'onda è invece pari all'incirca a 325V. Il valore di 230V rappresenta la *tensione efficace*, il valore cioè per cui una corrente continua (DC) svolgerebbe lo stesso lavoro: in altre parole, la quantità di calore generata da una tensione di 230V AC collegata a una resistenza è identica alla quantità di calore generata da una tensione di 230V DC collegata alla stessa resistenza.



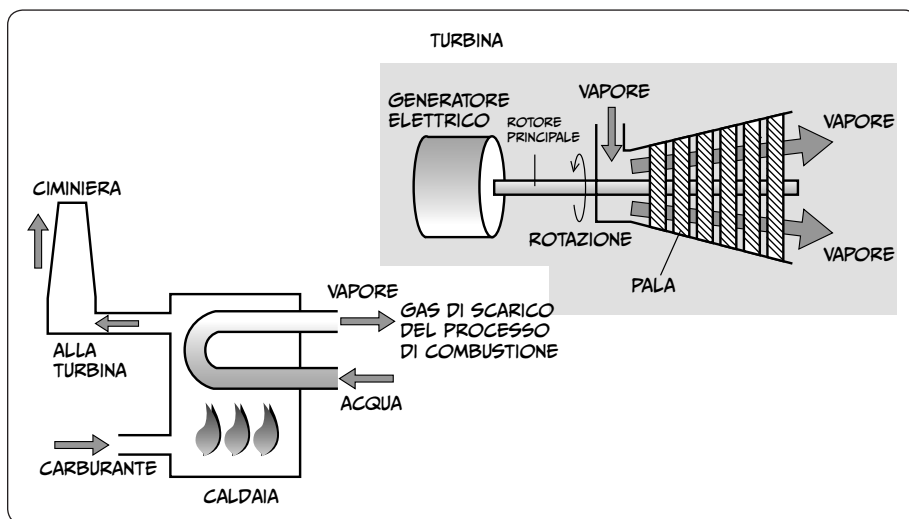
Tensione AC e tensione efficace.

LE CENTRALI TERMOELETTRICHE

Le centrali termoelettriche si possono suddividere a seconda delle modalità in centrali con turbine a vapore, a combustione interna, a gas e a ciclo combinato.

Le *centrali a vapore* sono alimentate a petrolio, carbone o con gas naturale liquefatto (GNL) che bruciano all'interno di una caldaia che produce vapore ad alta temperatura e ad alta pressione. La forza del vapore fa girare una turbina collegata a un generatore elettrico che produce elettricità.

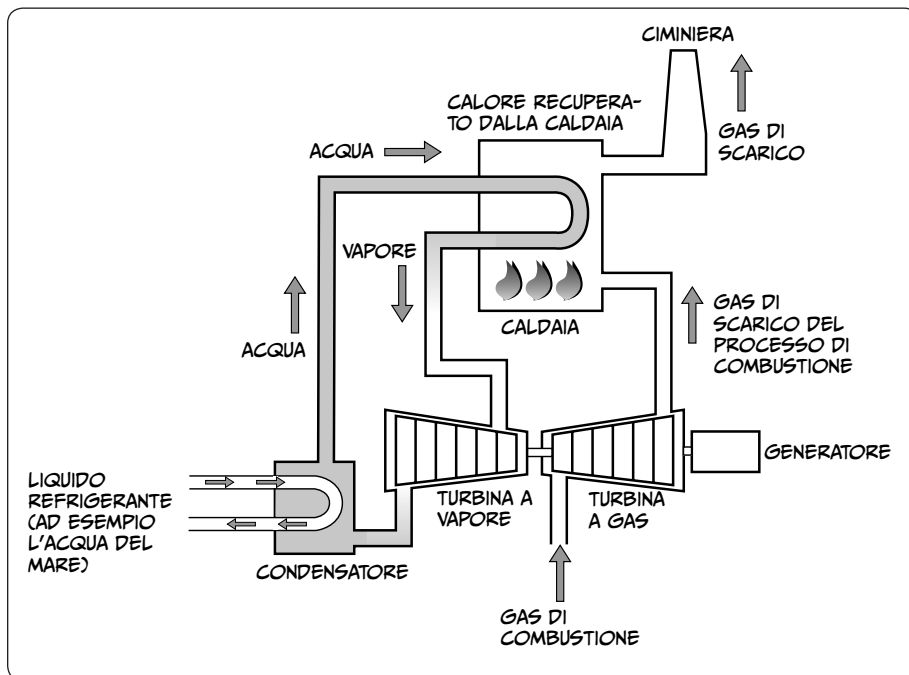
Il vapore usato per creare l'elettricità viene poi raffreddato all'interno di un *condensatore*. Una volta restituita alla forma liquida, l'acqua viene rispedita alla caldaia per un nuovo ciclo.



Turbina di una centrale termoelettrica.

Le *centrali a combustione interna* utilizzano un motore a combustione interna (un motore diesel, per esempio) per generare elettricità.

Le *centrali a gas* sfruttano come combustibile il cherosene o il gasolio per far ruotare la turbina e creare elettricità.



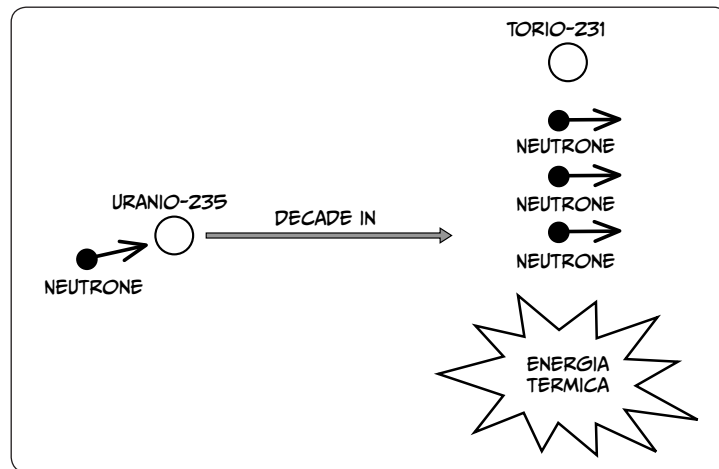
Centrale a ciclo combinato.

Le *centrali a ciclo combinato* funzionano come due centrali combinate, una a vapore e una a gas. L'elettricità viene generata da una turbina a gas e il calore del gas di scarico viene a sua volta usato per creare vapore che serve ad azionare una turbina a vapore che genera ulteriore elettricità. Si tratta di un metodo efficiente per produrre l'elettricità.

LE CENTRALI NUCLEARI

Una *centrale nucleare* sfrutta il calore che si genera durante il processo di fissione dell'uranio in un reattore nucleare per produrre vapore ad alta temperatura e ad alta pressione che serve a far girare una turbina e a produrre elettricità. Quando un neutrone si scontra con l'uranio-235, quest'ultimo decade fino a diventare torio-231. Al calore è associata anche l'emissione di neutroni. I neutroni successivamente si scontrano con altri nuclei di uranio-235 causando la *fissione nucleare* e generando una grande quantità di energia termica.

Le centrali nucleari sfruttano questo calore per creare il vapore che serve a far girare la turbina e creare elettricità, con modalità molto simili alle centrali termoelettriche. Le *barre di regolazione*, che assorbono i neutroni, e un *moderatore*, che riduce la velocità dei neutroni, vengono usati nel reattore nucleare per controllare il processo di fissione e regolare la produzione del reattore.

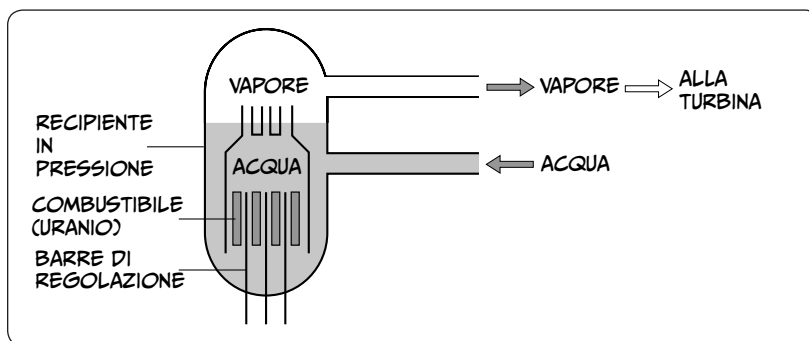


La fissione nucleare dell'uranio-235 produce altri neutroni che possono colpire altri atomi di uranio-235 innescando una reazione a catena.

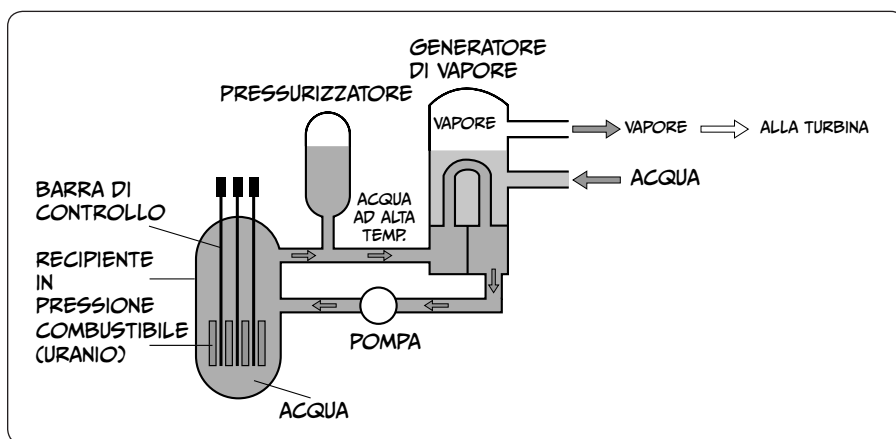
Esistono diversi tipi di reattore nucleare. Quello più utilizzato al momento si chiama *reattore ad acqua leggera* e utilizza l'acqua leggera (la classica H_2O) come moderatore e refrigerante. Esempi di reattori ad acqua leggera sono i reattori ad acqua bollente e i reattori ad acqua pressurizzata.

I *reattori ad acqua bollente* mandano il vapore generato in un recipiente in pressione direttamente verso la turbina. Dopo che è stato utilizzato per far girare la turbina, il vapore viene convogliato in un condensatore dove torna liquido e può essere riutilizzato. Il *condensatore* usa l'acqua marina o dell'oceano per raffreddare il vapore e favorire appunto la condensa.

I *reattori ad acqua pressurizzata* mandano l'acqua bollente generata nel recipiente in pressione direttamente al generatore di pressione, dove l'acqua viene trasformata in vapore da un sistema separato. Il vapore a questo punto viene inviato alla turbina.



Reattore ad acqua bollente.



Reattore ad acqua pressurizzata.

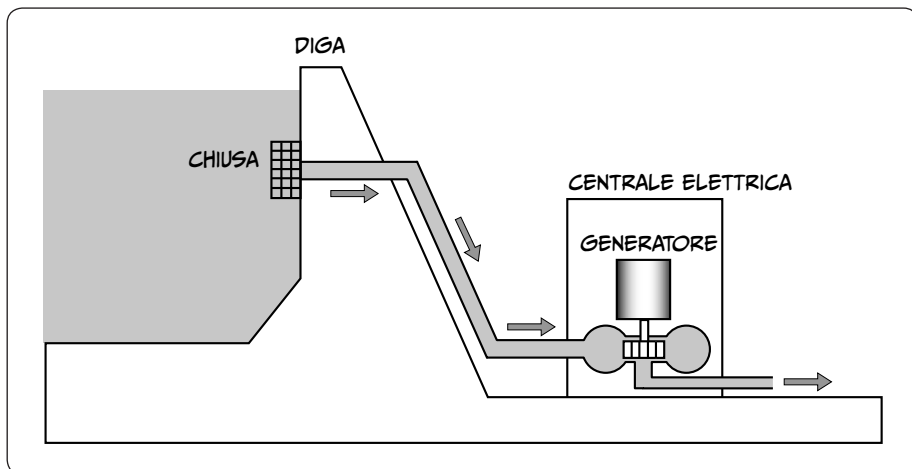
LE CENTRALI IDROELETTRICHE

Una *centrale idroelettrica* sfrutta l'energia potenziale dell'acqua per generare elettricità.

Nelle *centrali a bacino* l'acqua viene conservata in bacini sopraelevati e convogliata fino ad azionare una turbina collegata a un generatore elettrico che produce l'elettricità.

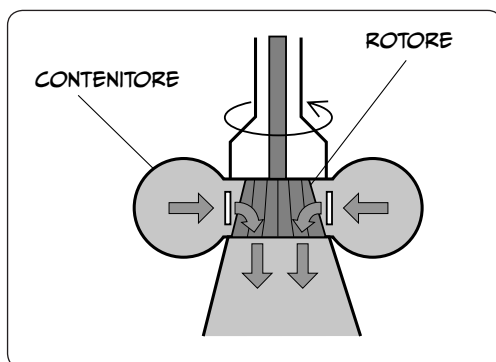
Visto che nelle centrali idroelettriche (rispetto alle centrali nucleari o termoelettriche) è più facile attivare, interrompere o regolare la produzione di corrente, queste centrali possono calibrare l'erogazione di corrente rispetto al consumo richiesto. Inoltre, durante i periodi di bassa richiesta, mediante pompaggio è possibile riportare l'acqua nel bacino sopraelevato per reinserirla nel ciclo.

Per un utilizzo più efficiente dell'energia dell'acqua sono stati studiati diversi tipi di turbina a seconda degli scopi, avendo come variabili il *salto* (ovvero la differenza di altitudine dei bacini) e la *portata* (metri cubi d'acqua al secondo).



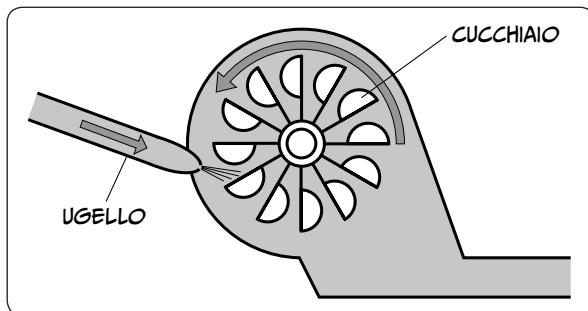
Centrale a bacino.

La turbina Francis viene impiegata quando la portata è molto grande e il salto è medio/alto. Questo tipo di turbina è usato all'incirca nel 70 per cento delle centrali idroelettriche giapponesi. L'acqua viene fatta entrare da tutte le direzioni perpendicolarmente rispetto all'asse della turbina, le pale cambiano la direzione dell'acqua (che a questo punto procede parallela all'asse) e la turbina può ruotare grazie alla spinta idraulica.



Turbina Francis.

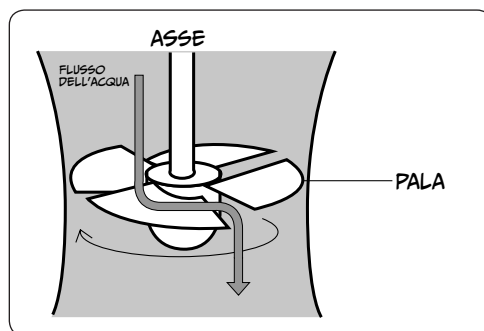
Una turbina Pelton è una turbina ad acqua che ruota grazie all'urto dell'acqua sulle pale, che hanno una forma a cucchiaino. È molto efficiente nei casi in cui il salto è alto.



Turbina Pelton.

Una *turbina Kaplan* è una turbina ad acqua che ruota grazie a diverse pale collegate a un unico asse (la struttura è simile a quella di un'elica). L'angolazione delle pale può cambiare per adattarsi alla portata dell'acqua incidente. Questo tipo di turbina è molto utile quando il salto è basso. Una turbina Kaplan con pale fisse viene chiamata *turbina a elica*.

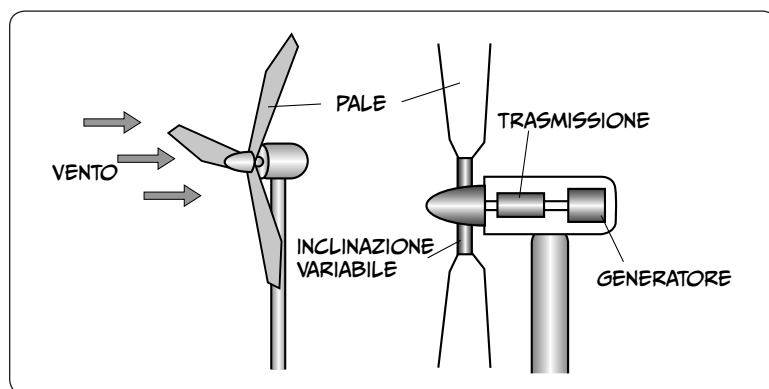
Anche se solo il 10 per cento della corrente elettrica in Giappone è generato da centrali idroelettriche, si tratta comunque di un metodo molto valido per le nazioni che possiedono scarse risorse combustibili.



Turbina Kaplan.

LE CENTRALI EOLICHE

Una *centrale eolica* sfrutta la potenza del vento per azionare la turbina. La turbina a sua volta è collegata a un generatore per la produzione dell'elettricità.



Meccanismo di funzionamento della centrale eolica (turbina eolica elicoidale).

Esistono diversi tipi di turbine eoliche. La *turbina eolica elicoidale*, che sfrutta l'energia del vento in modo molto efficiente, è una delle più comuni. Quando il vento colpisce le pale della turbina si crea una rotazione, la cui velocità viene amplificata dal moltiplicatore di giri collegato al generatore. Un *anemoscopio* (a banderuola) o un *anemometro* (un misuratore di vento) servono a tenere sotto controllo costante le condizioni del vento. La direzione in cui gira il rotore e l'angolazione delle pale possono variare per ottimizzare l'impatto del vento.

L'elettricità che si crea dipende molto dalla velocità e dalla direzione del vento e il rumore provocato dalla rotazione delle pale può talvolta rappresentare un problema, ma questo è sicuramente un metodo ecologico e pulito per generare elettricità. Non richiede alcun tipo di combustibile e non produce gas di scarico.



5

I MILLE USI DELL'ELETTRICITÀ!



PER FORTUNA HIKARU È RIUSCITO A RIPARARE IL
GUASTO DI YONOSUKE UTILIZZANDO GLI STRU-
MENTI TECNOLOGICI DISPONIBILI SULLA TERRA.

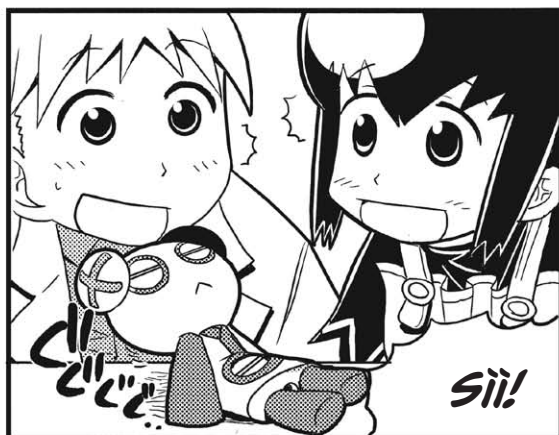
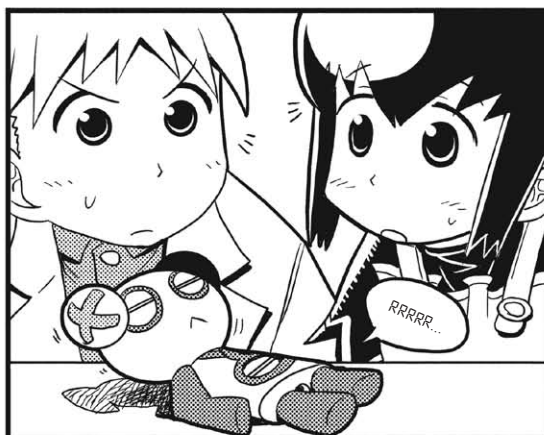


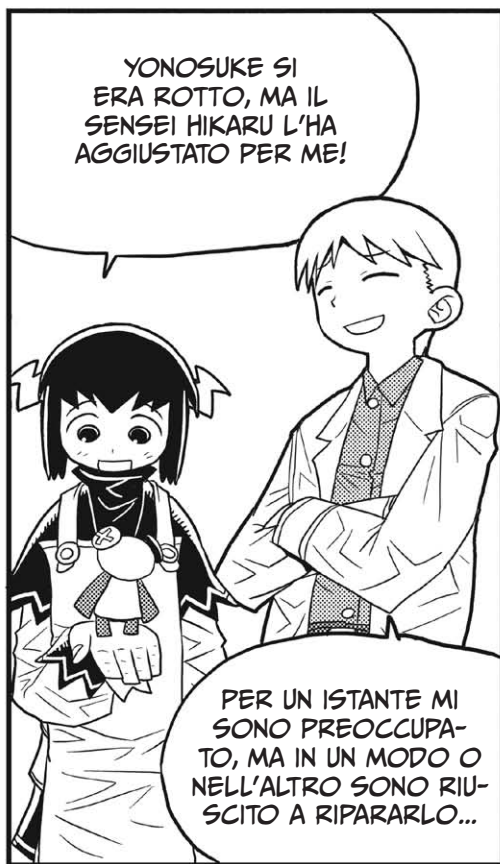
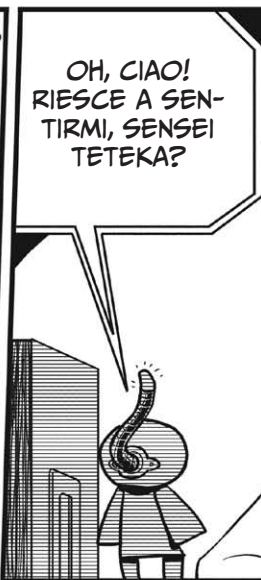
LAVORANDO TUTTE LE NOTTI...

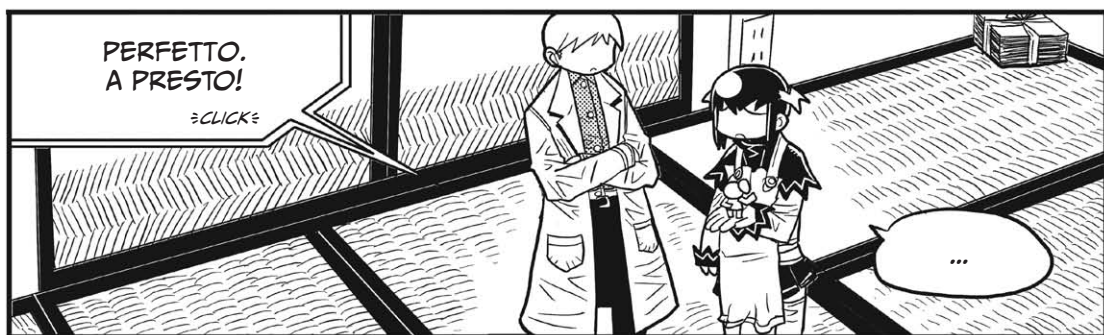


E MOLTI GIORNI DOPO...



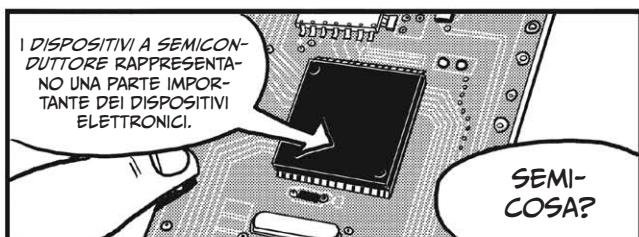








COSA SONO I SEMICONDUTTORI?

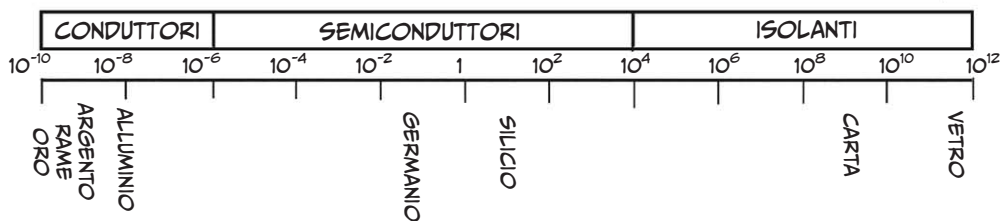




LA CORRENTE SCORRE FACILMENTE

RESISTIVITÀ IN ΩM

LA CORRENTE SCORRE CON DIFFICOLTÀ



ECCO I VALORI DELLA RESISTIVITÀ DI ALCUNI MATERIALI.

CAPITO!

SCRIB, SCRIB...



IN PARTICOLARE, I SEMICON-
DUTTORI SONO MATERIALI
LE CUI CARATTERISTICHE
ELETTRICHE POSSONO
CAMBIARE PER EFFETTO
DEL CALORE, DELLA LUCE
O DELL'APPLICAZIONE DI
CAMPI ELETTRICI.

CHE COSA
STRANA!

I SEMICONDUTTORI
POSSONO ESSE-
RE COSTITUITI DA
SOSTANZE COME IL
SILICIO O IL GER-
MANIO.

SIMBOLI CHIMICI

Ge
GERMANIO

Si
SILICIO

DIODI

TRANSISTOR

I DIODI E I
TRANSISTOR, CHE
SONO PRODOTTI USANDO I
SEMICONDUTTORI, VENGONO
PER QUESTO CHIAMATI
DISPOSITIVI A SEMI-
CONDUTTORE.

MESSA COSÌ, È PIUT-
TOSTO SEMPLICE
DA CAPIRE!

Ge

Si

SILICIO E GERMA-
NIO SONO ELE-
MENTI, MA...

GALLIO + ARSENICO
=
ARSENIURO DI GALLIO

...UN SEMICONDUTTORE
REALIZZATO A PARTIRE
DA DUE O PIÙ ELEMEN-
TI, COME L'ARSENIURO
DI GALLIO, VIENE CHIA-
MATO SEMICONDOTTO-
RE COMPOSITO.

BOINK

Ga

As

È CHIARO!

CI SONO ANCHE CASI IN CUI VIENE AGGIUNTA UNA PICCOLA IMPURITÀ AL SILICIO O AL GERMANIO.

QUESTO PROCESSO PRENDE IL NOME DI DROGGAGGIO E VIENE USATO PER PRODURRE I SEMICONDUTTORI ESTRINSECI.

SEMICONDUCTORE ESTRINSECO

UN SEMICONDUCTORE SENZA IMPURITÀ VIENE CHIAMATO INVECE SEMICONDUCTORE INTRINSECO.

CE NE SONO DAVVERO UN SACCO DI TIPI DIVERSI!

SEMICONDUCTORE INTRINSECO

IL SILICIO È IL MATERIALE UTILIZZATO PIÙ SPESSO NEI SEMICONDUTTORI.

IL SUO SIMBOLO CHIMICO È SI.

Si
SILICIO

CAPITO!

DI SOLITO IL SILICIO SI TROVA ALL'INTERNO DI UN MATERIALE CHIAMATO SILICE, DA CUI SI OTTIENE LA MATERIA PRIMA USATA SPESSO NELLA FABBRICAZIONE DEI DISPOSITIVI A SEMICONDUCTORE.

IL SILICIO VIENE PURIFICATO AL 99,999999999 PERCENTO (A VOLTE SI PARLA PER QUESTO DI UNDICI-NOVE).

VICINISSIMO AL CENTO PERCENTO!!!

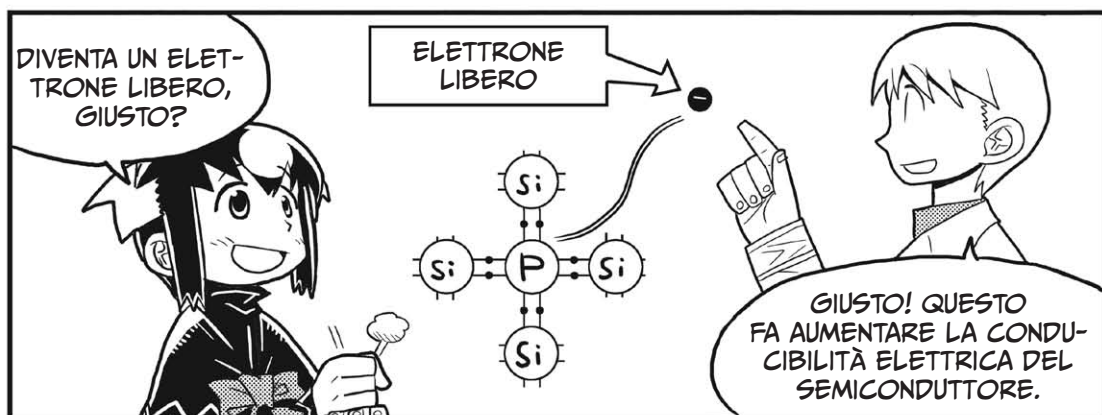
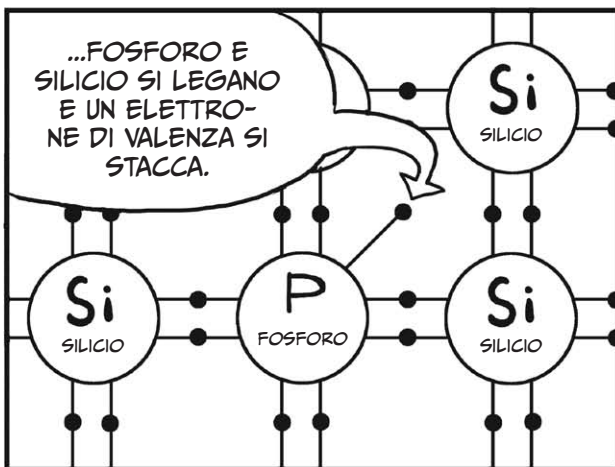
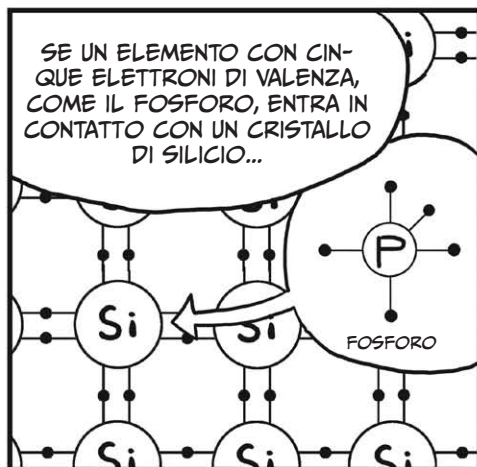
9×11
99.999999999%

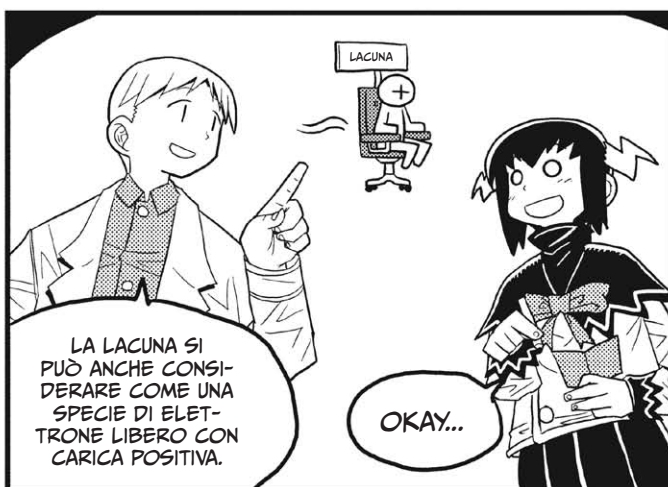
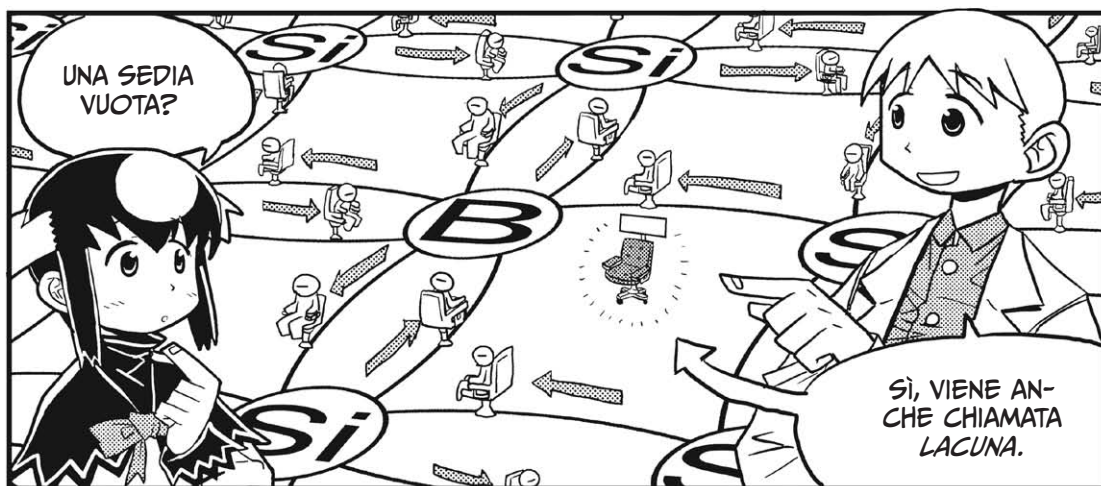
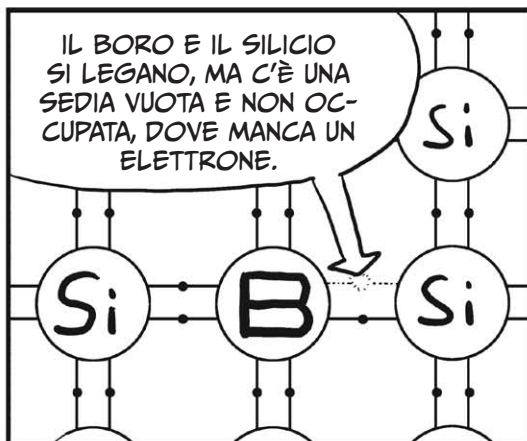
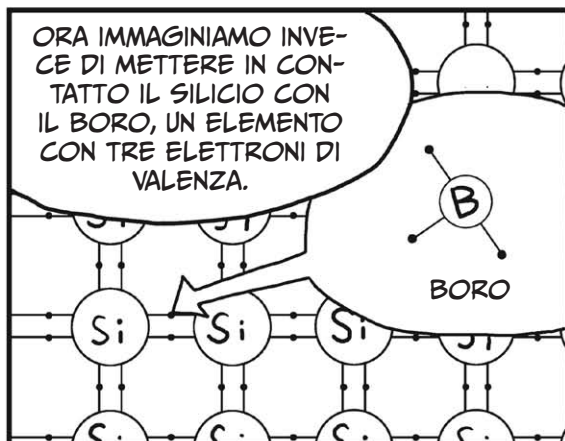
UNO, DUE, TRE...

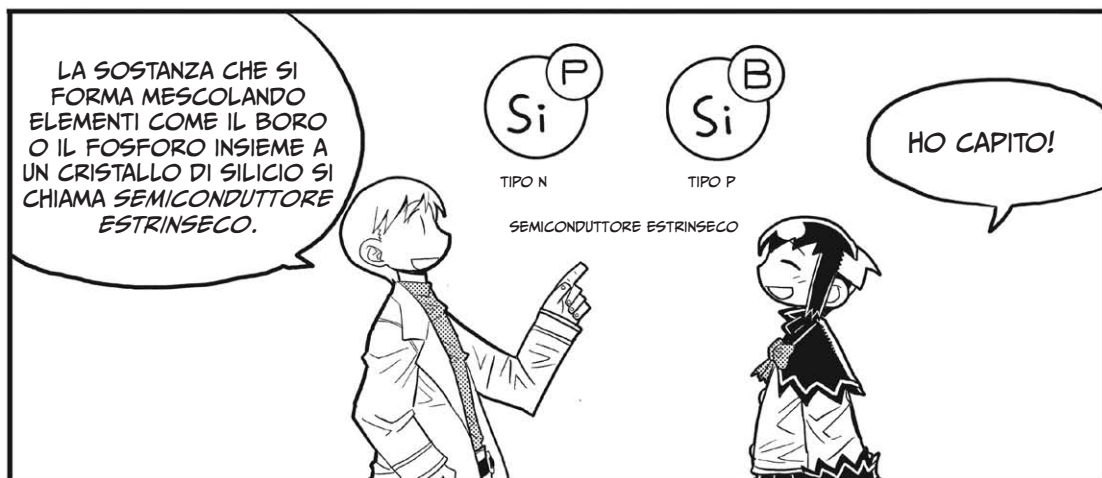
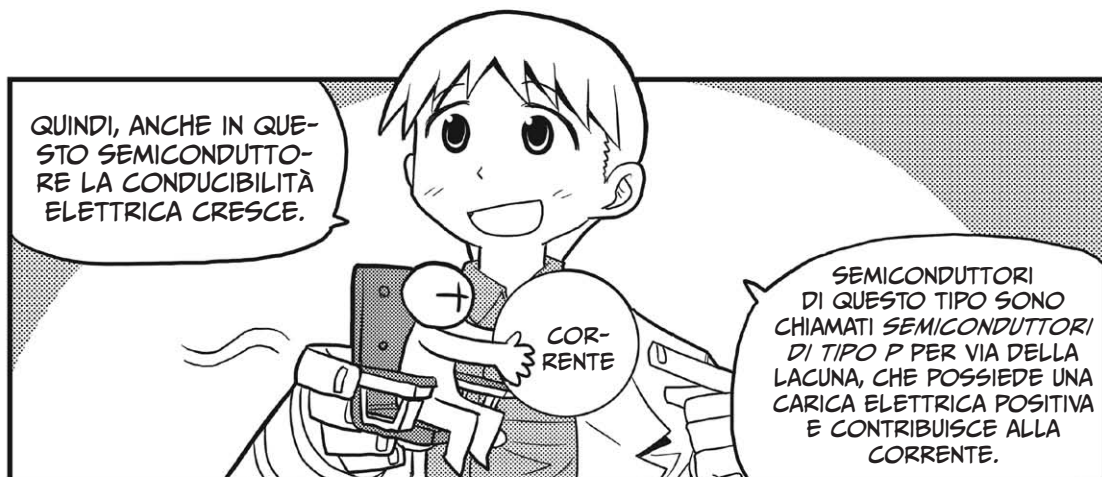


* BEN FORMATO

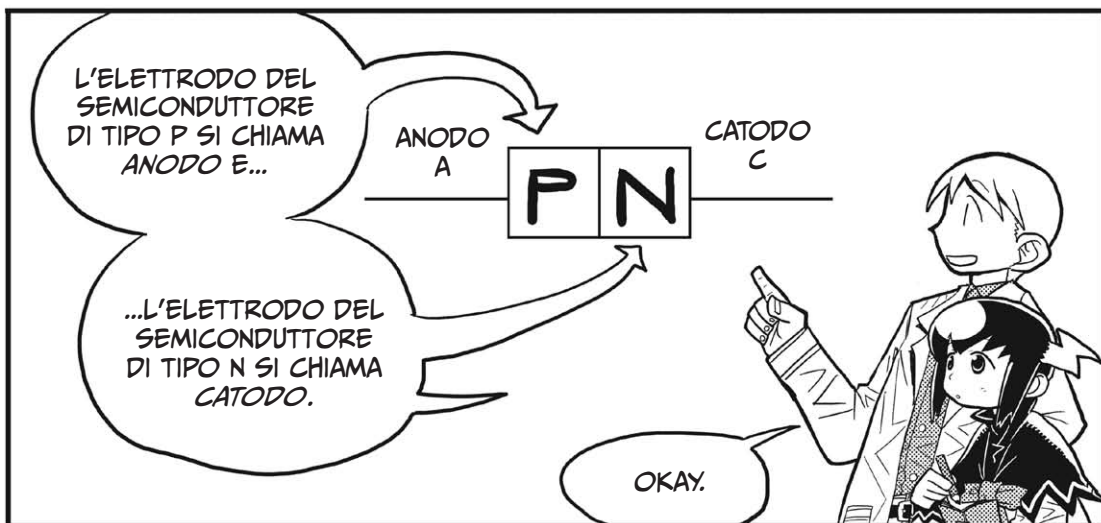
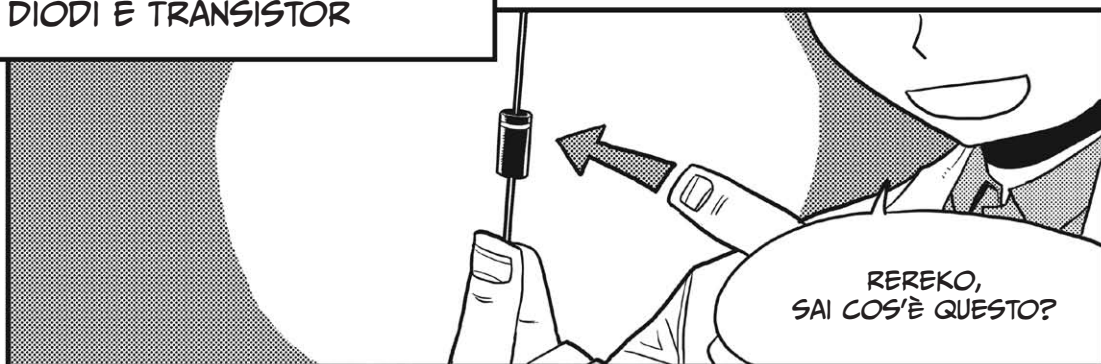


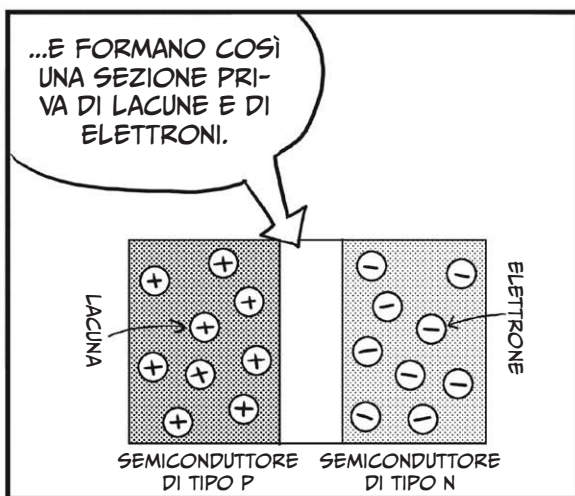
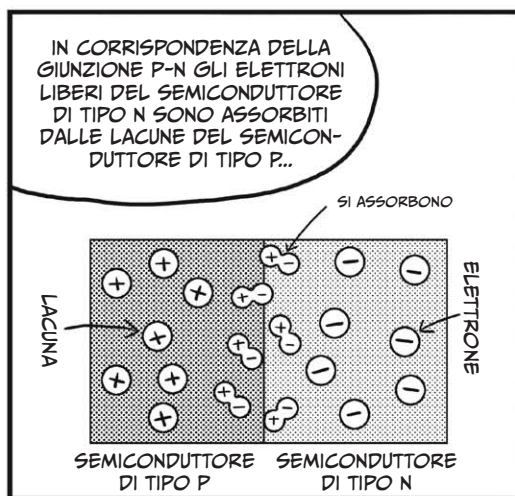




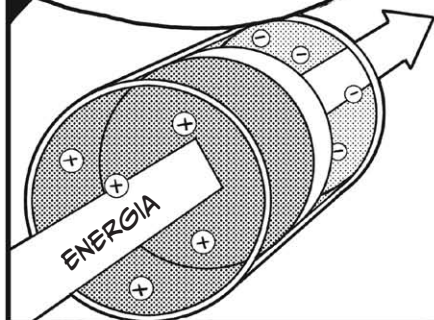


DIODI E TRANSISTOR





SÌ, UNA TENSIONE SUFFICIENTEMENTE ELEVATA PERMETTE DI SUPERARE LA BARRIERA.



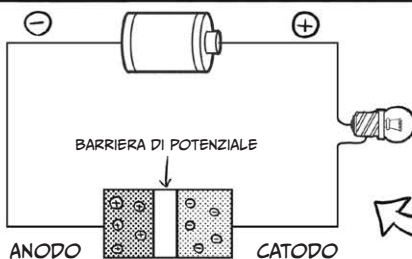
ORA TI SPIEGHERÒ A COSA SERVONO I DIODI IN UN CIRCUITO.



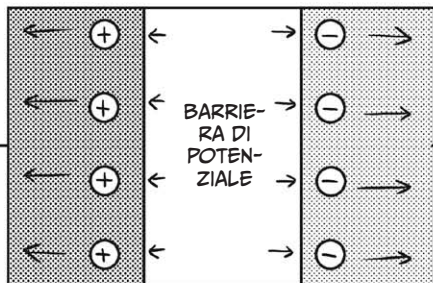
SONO PRONTA!



PRIMA COLLEGHIAMO IL POLO NEGATIVO DI UNA PILA A SECCO ALL'ANODO DEL DIODO..



...E POI COLLEGHIAMO IL POLO POSITIVO AL CATODO...

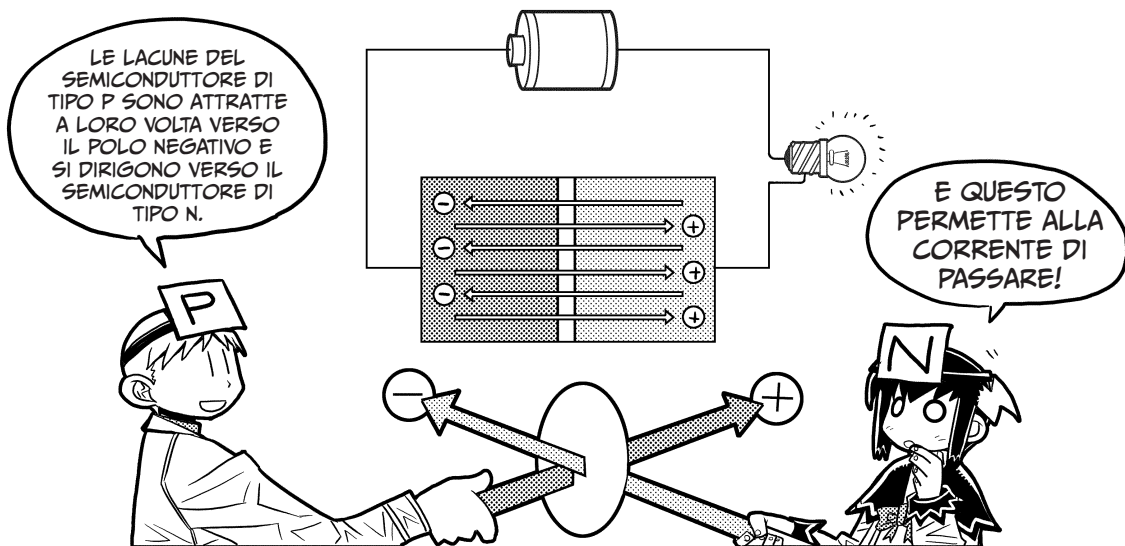
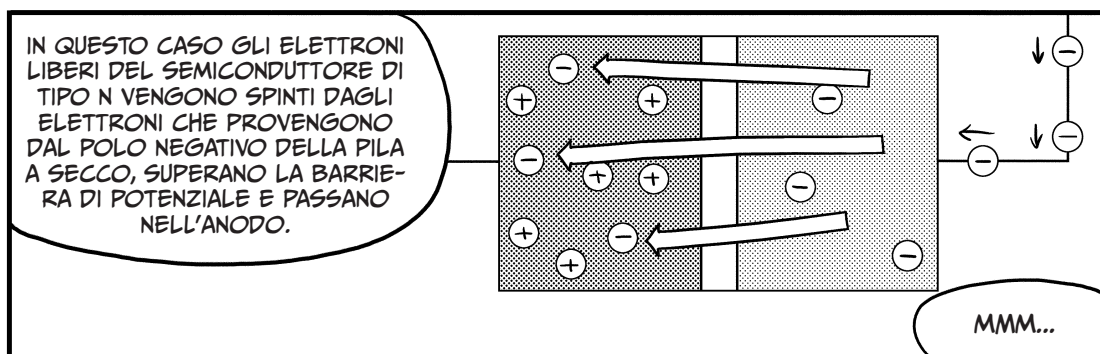
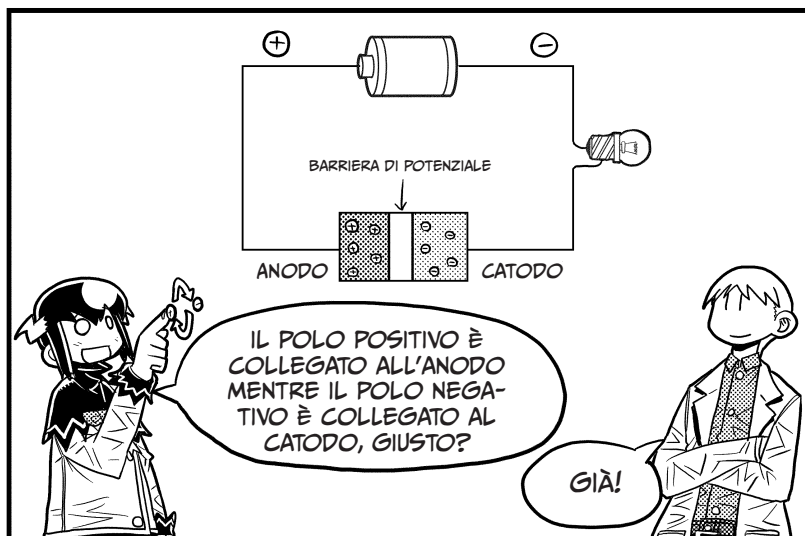
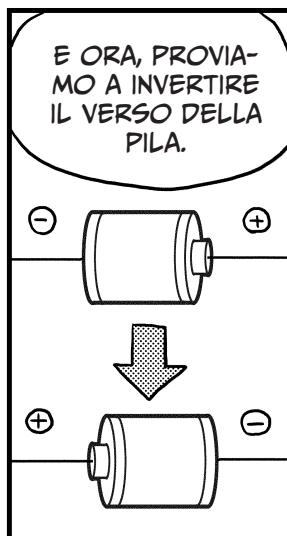


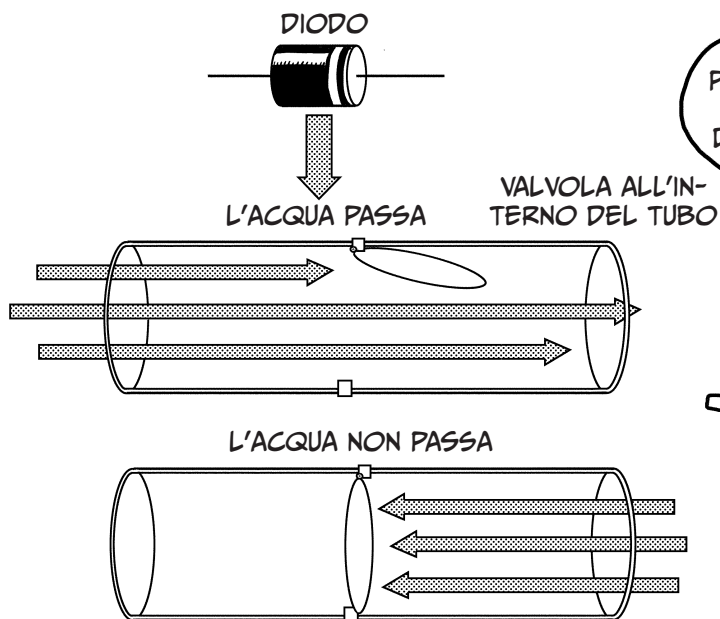
COSÌ FACENDO, VISTO CHE LE LACUNE DEL SEMICONDUCTORE DI TIPO P E GLI ELETTRONI LIBERI DEL SEMICONDUCTORE DI TIPO N SONO ATTRATTI DAI RISPETTIVI ELETTRIDI, LA BARRIERA DI POTENZIALE CRESCERÀ E LA CORRENTE SMETTERÀ PRATICAMENTE DI PASSARE...

QUESTO TIPO DI APPLICAZIONE PRENDE IL NOME DI POLARIZZAZIONE INVERSA.

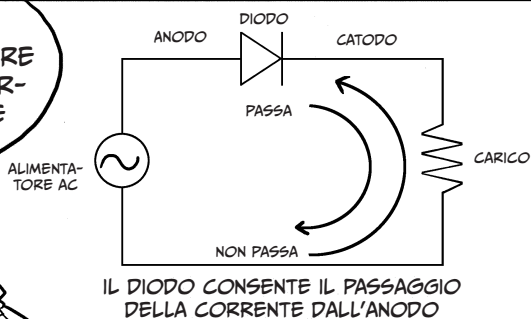
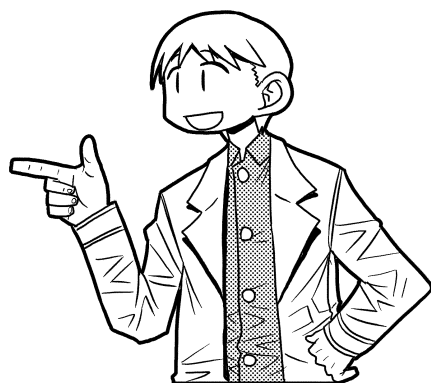


CHIARO!

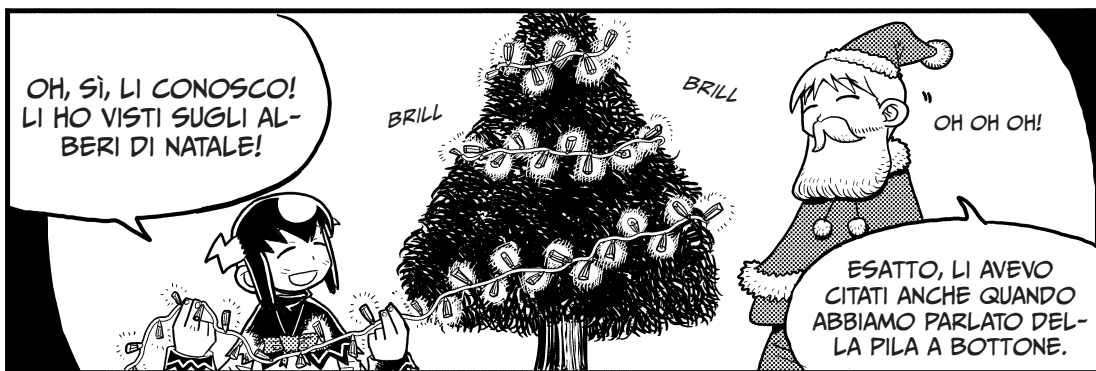


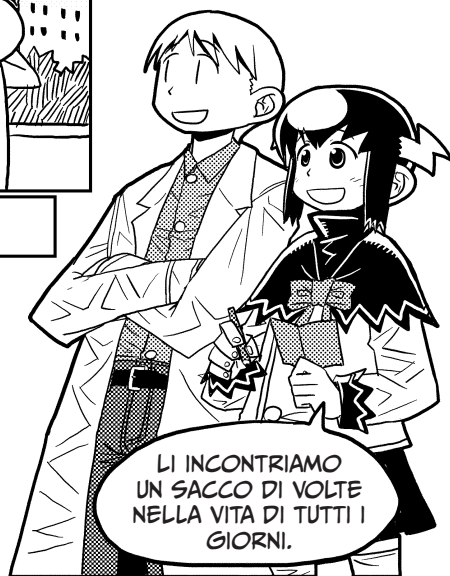
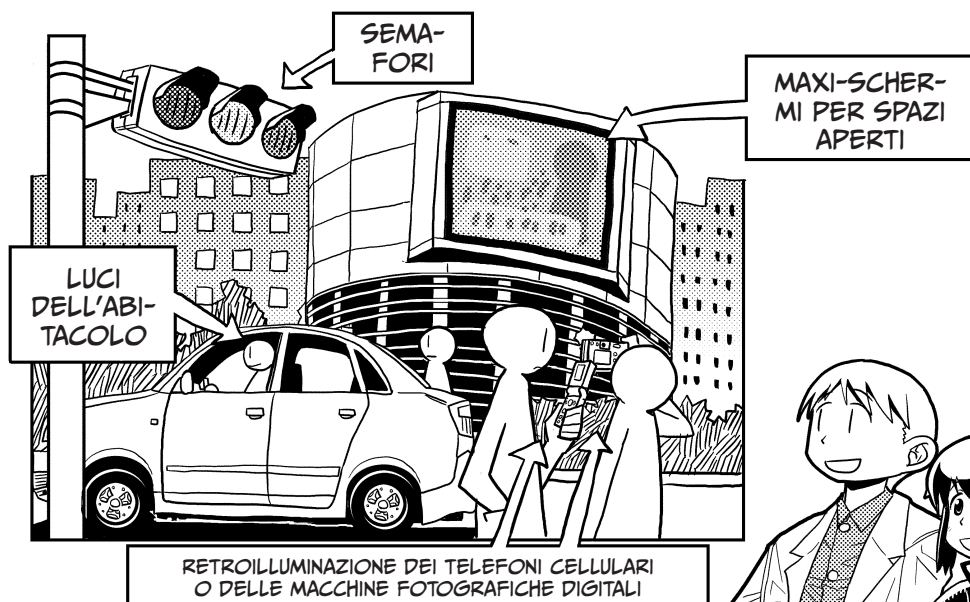


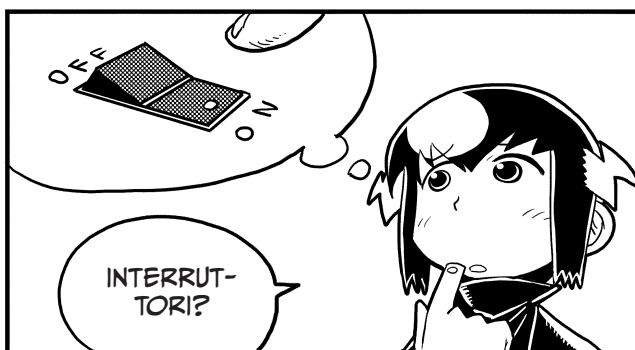
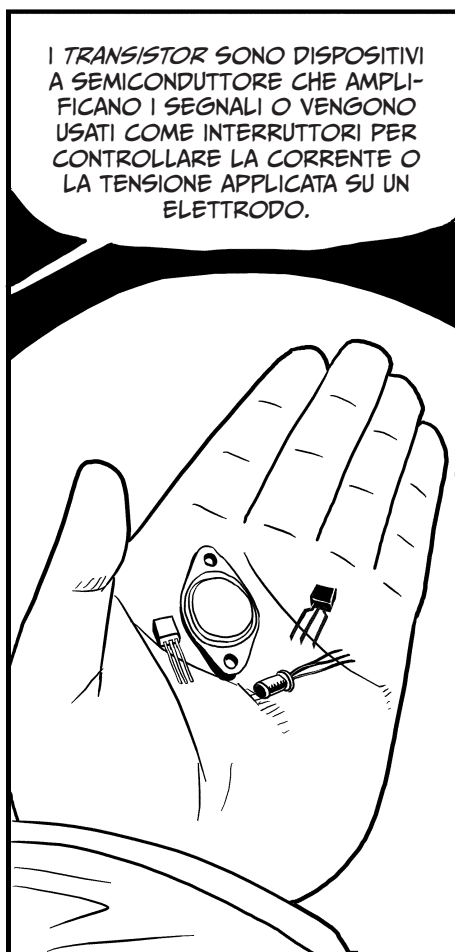
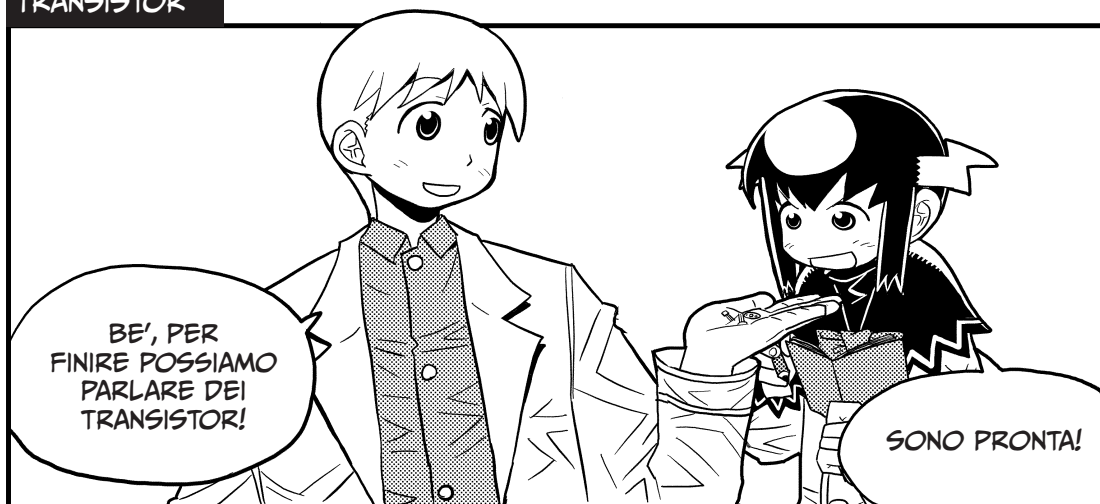
LA PROPRIETÀ CHE PERMETTE ALLA CORRENTE DI PASSARE SOLO IN UNA DIREZIONE SI CHIAMA RETTIFICAZIONE.



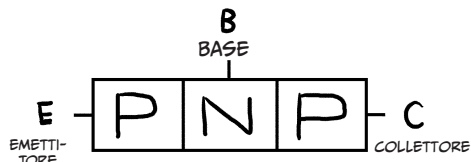
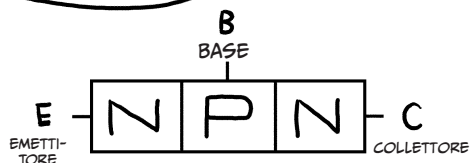
DIODI CHE EMETTONO LUCE





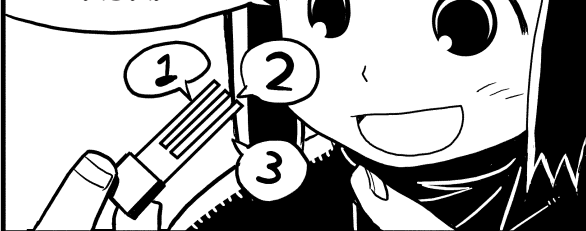


DUE TIPI DI TRANSISTOR SONO GLI NPN E I PNP.

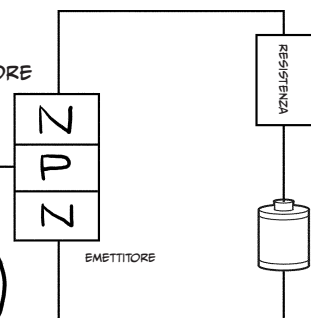


HANNO TRE ELETTRIDI CHE VENGONO CHIAMATI B (BASE), C (COLLETTORE) ED E (EMETTITORE).

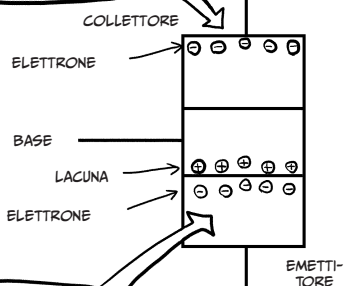
HANNO UN ELETTRIDO IN PIÙ DEI DIODI!



SE COLLEGHIAMO UN TRANSISTOR NPN COSÌ...



...GLI ELETTRONI NEL COLLETTORE SONO ATTRATTI DAL POLO POSITIVO, DOVE SI ACCUMULANO.

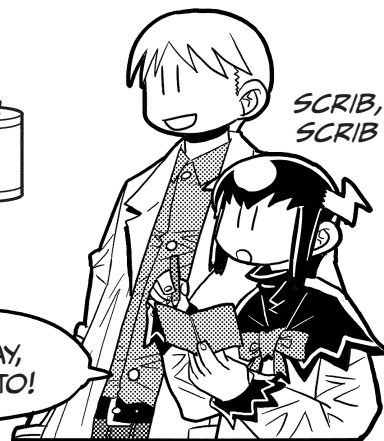


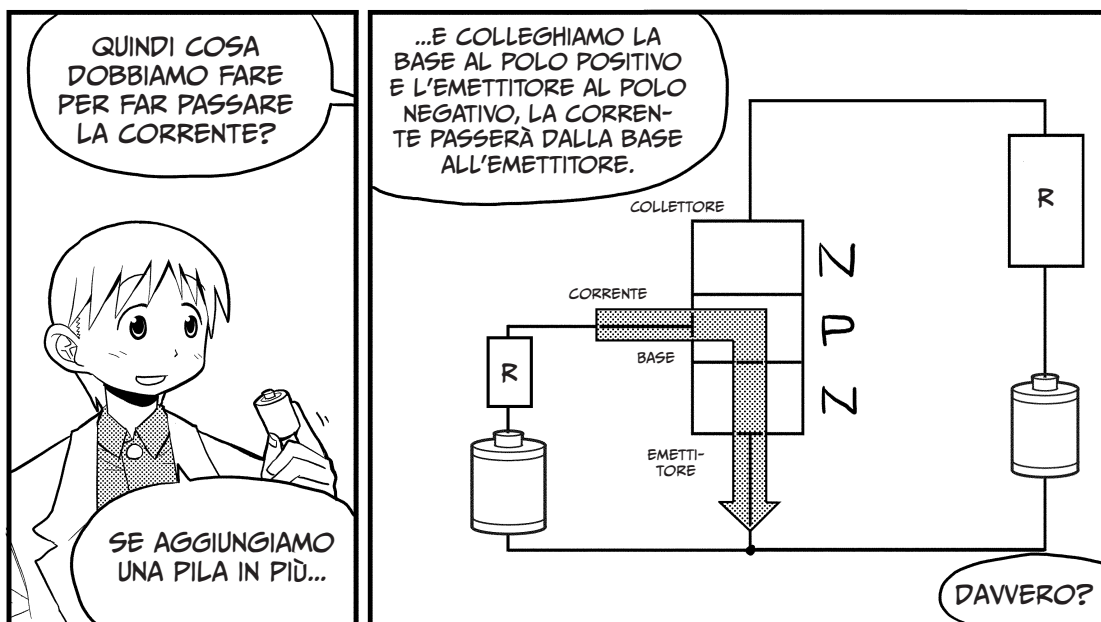
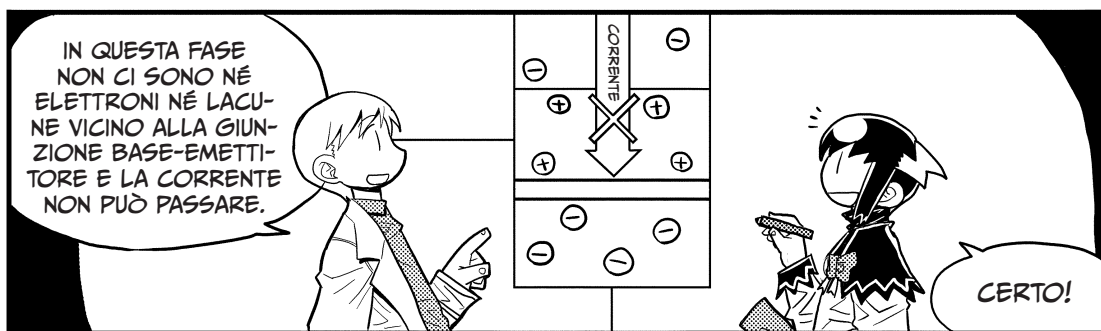
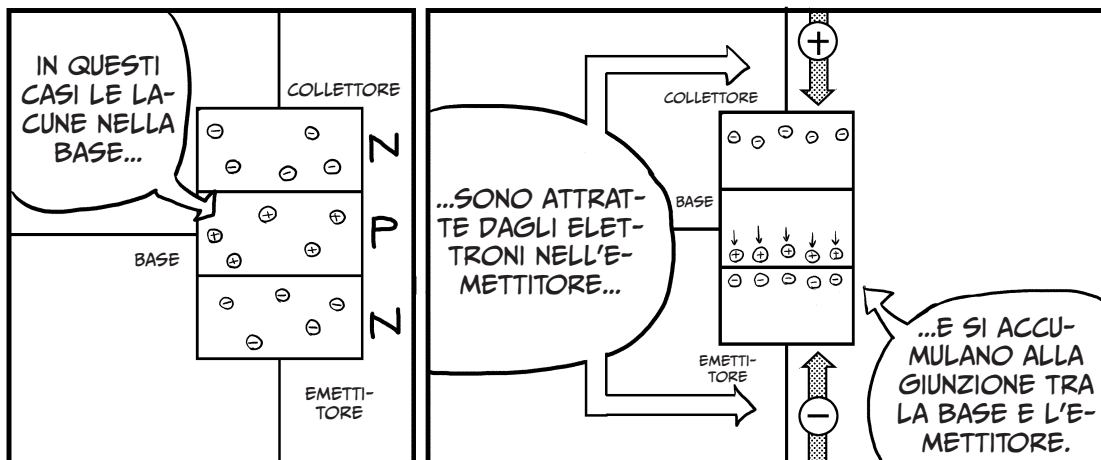
MENTRE GLI ELETTRONI NELL'EMETTITORE SONO SPINTI VERSO IL POLO NEGATIVO E SI ACCUMULANO VICINO ALLA GIUNZIONE BASE-EMETTITORE.

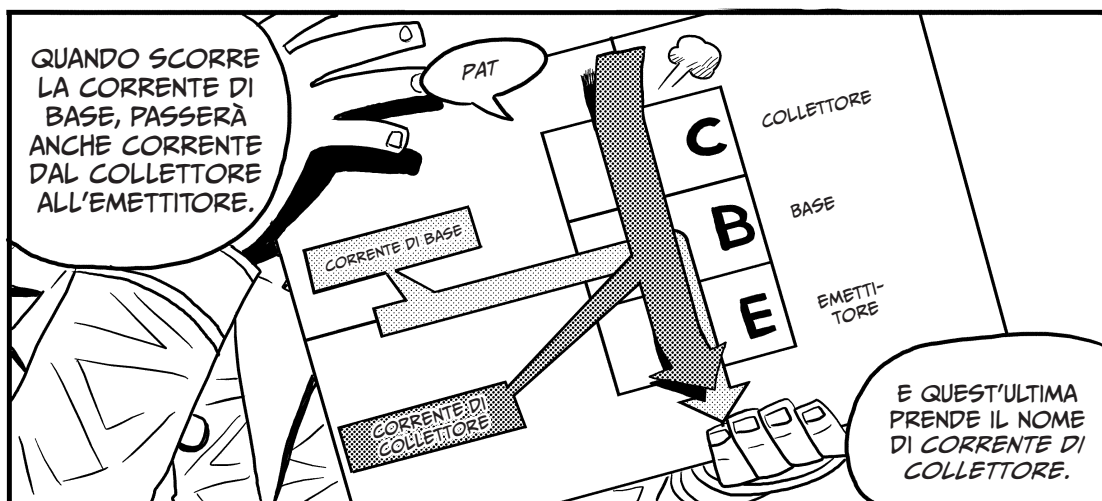
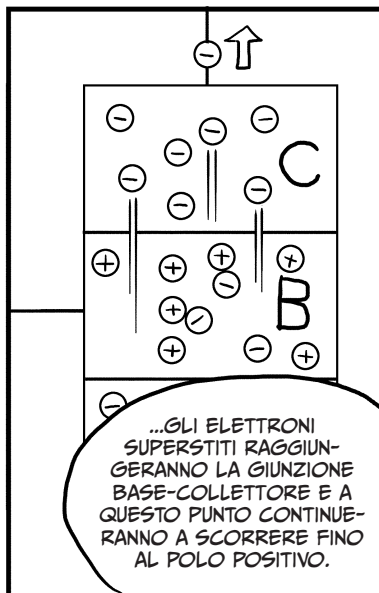
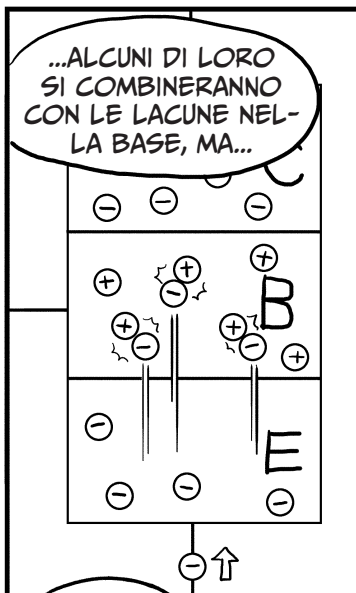
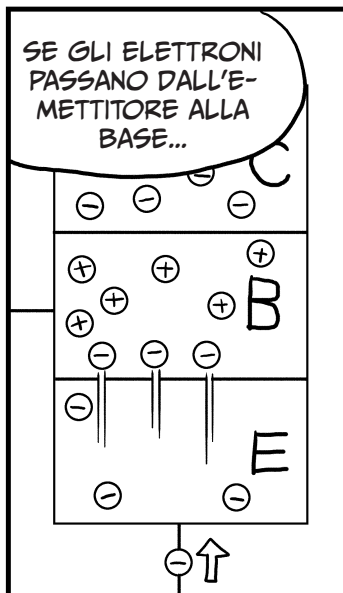


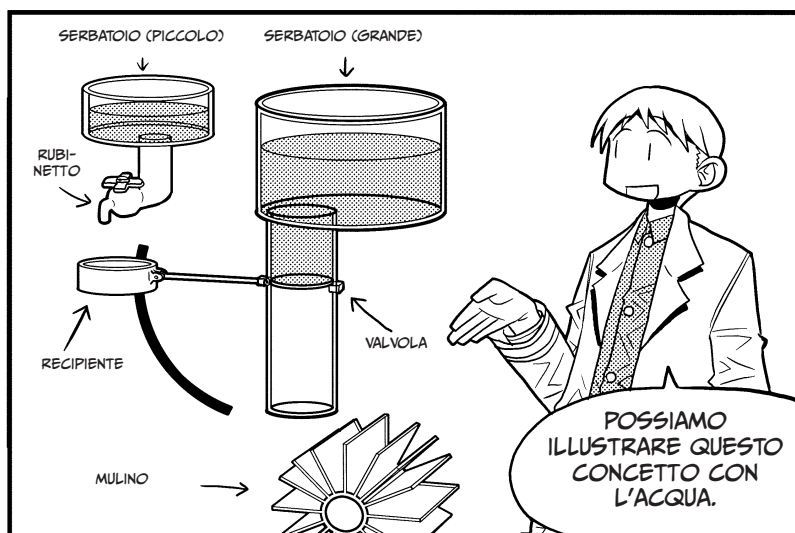
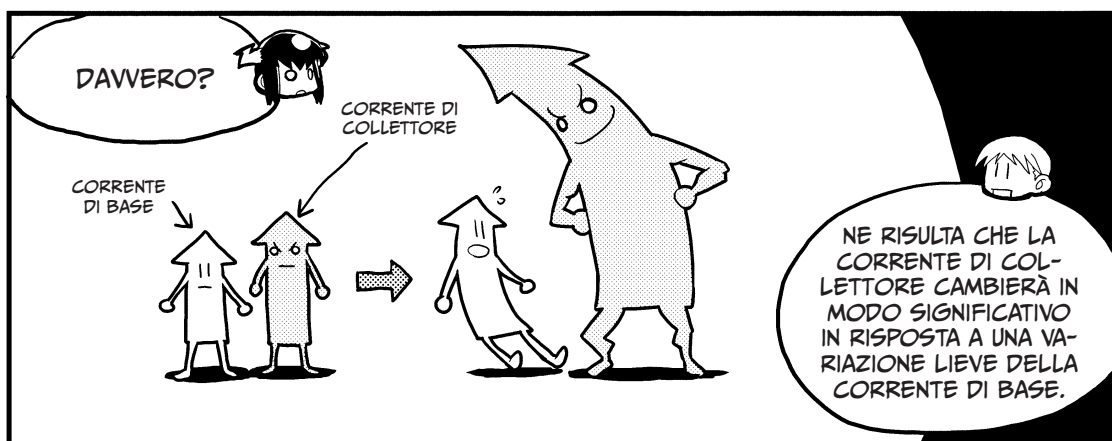
SCRIB, SCRIB

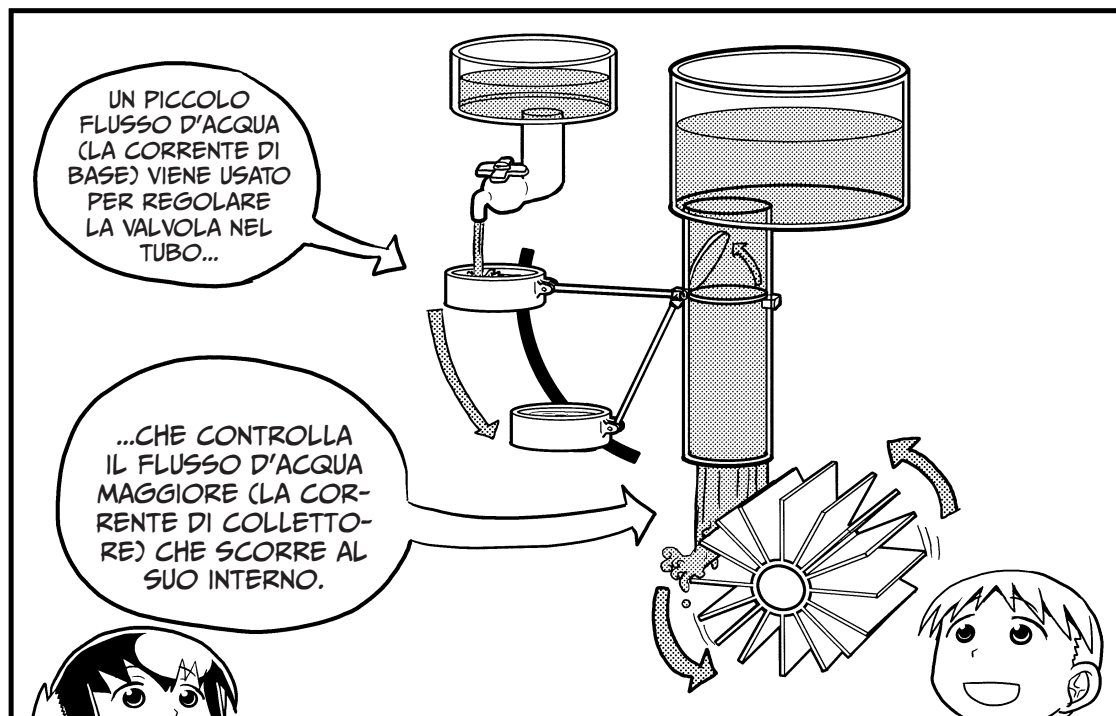
OKAY, CAPITO!

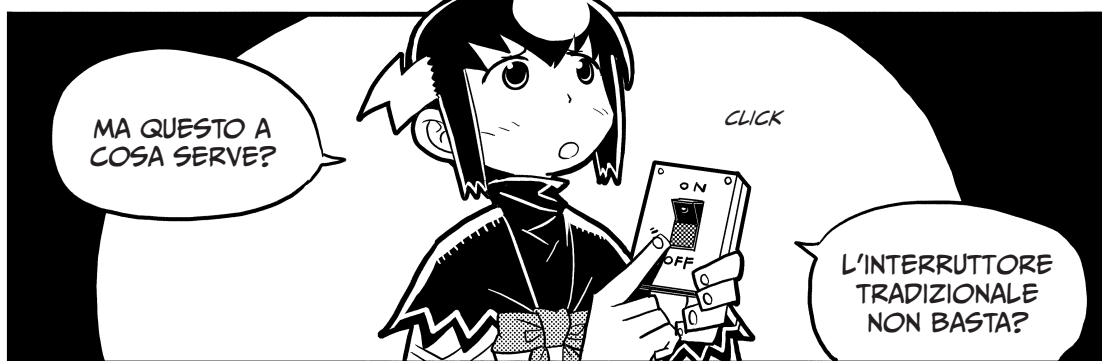
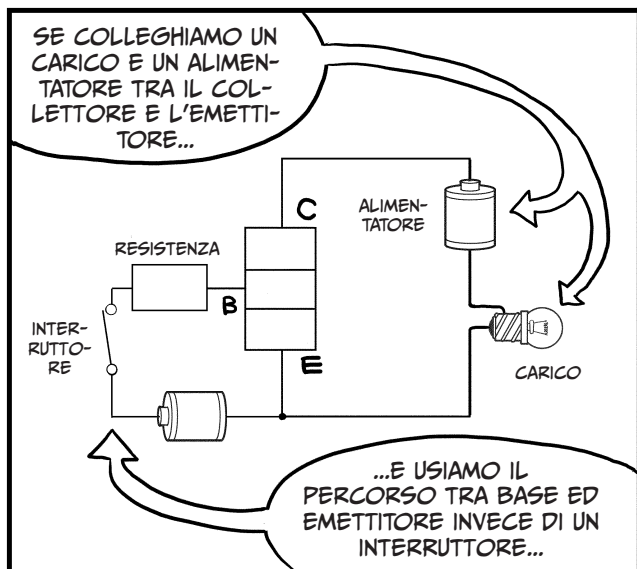


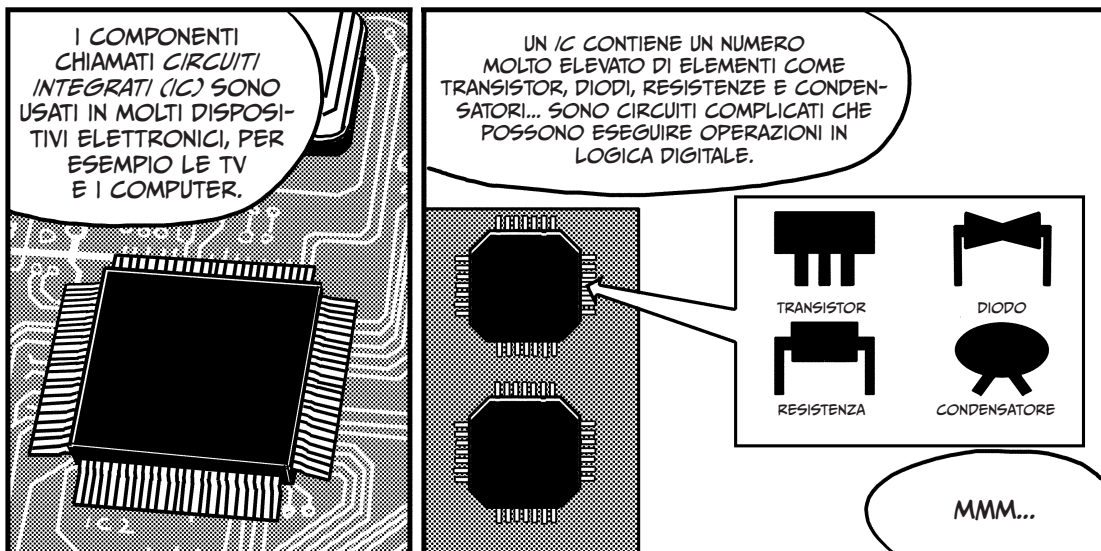


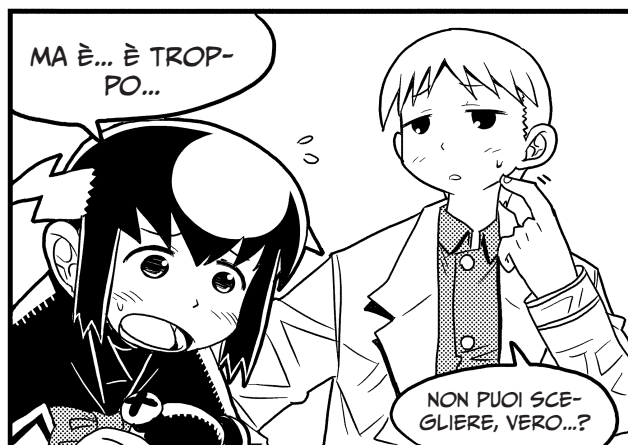
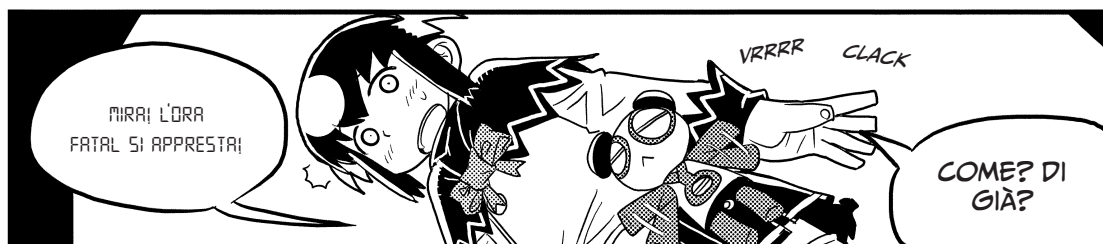


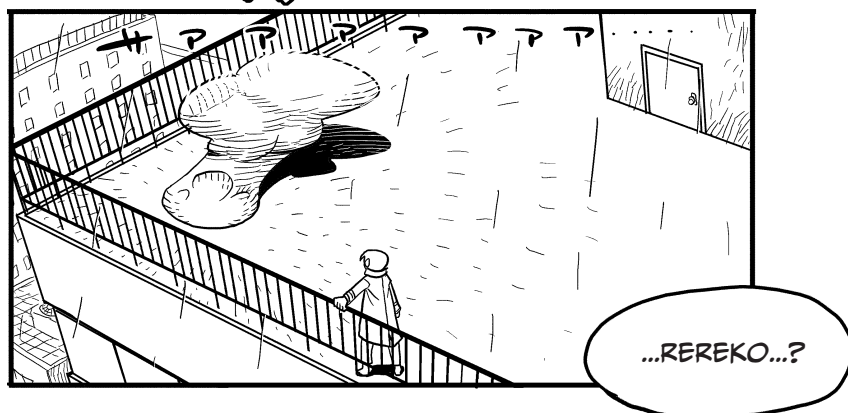
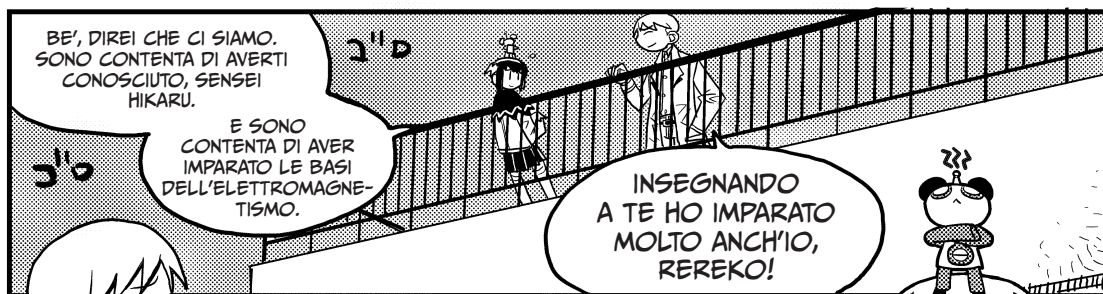




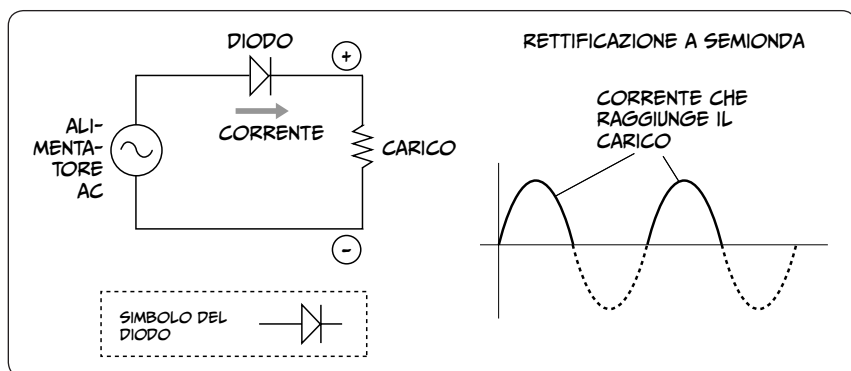






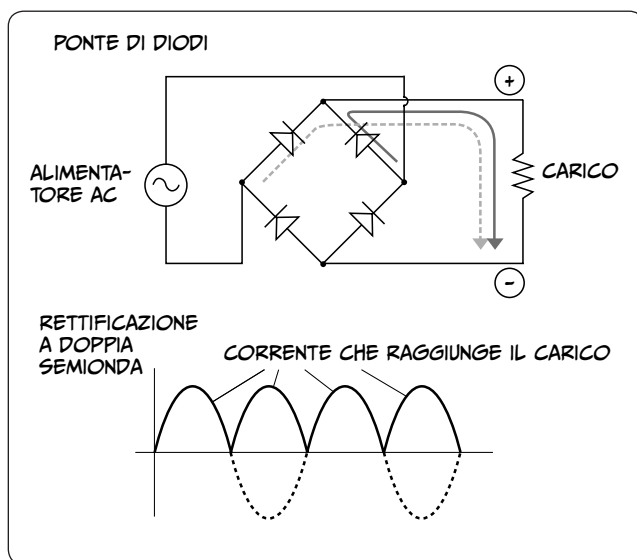


Quando colleghiamo un diodo a un alimentatore AC, la corrente attraversa il carico in un solo verso per via della rettificazione. La rettificazione, che consente il passaggio solamente di metà dell'onda della corrente alternata, è per questo chiamata *rettificazione a semionda*. La corrente quindi attraversa il carico in un solo verso, come nel caso della corrente continua. Ma visto che passa soltanto metà della corrente erogata, si tratta di una rettificazione poco efficiente.



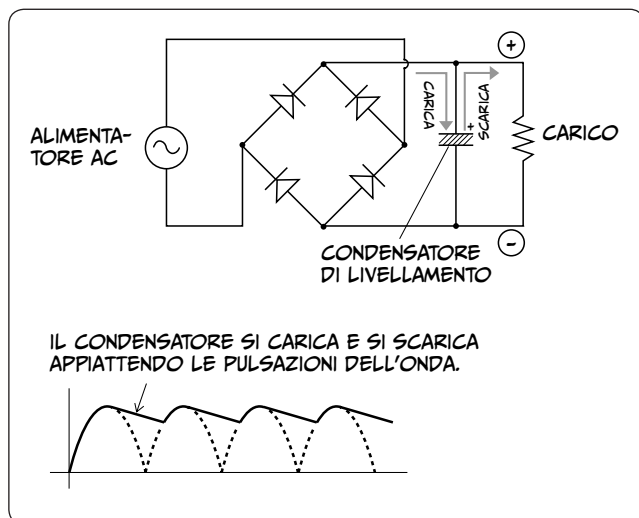
Rettificazione a semionda.

Quando adottiamo quattro diodi disposti in una configurazione a ponte e colleghiamo un alimentatore AC, l'intera onda diventa positiva e raggiunge il carico. Questo tipo di rettificazione viene chiamata *rettificazione a doppia semionda* e i diodi collegati in questo modo formano un *ponte di diodi*. La rettificazione a doppia semionda permette all'intero ciclo di alimentazione alternata di essere utilizzato come corrente continua.



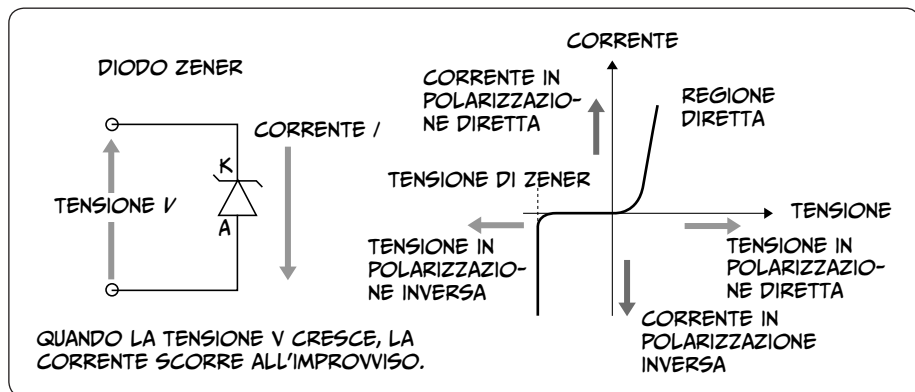
Rettificazione a doppia semionda.

Anche se si tratta di una modalità più efficiente della rettificazione a semionda, l'onda presenta comunque grosse variazioni in ampiezza. Inserendo però in uscita un condensatore elettrolitico, questo, caricandosi e scaricandosi, può appiattire le pulsazioni della corrente trasformando l'onda in una corrente quasi continua. Il condensatore usato per trasformare l'onda di corrente in questo modo è chiamato *condensatore di livellamento*.



Condensatore di livellamento.

Quando viene applicata una tensione inversa a un diodo Zener (o *diodo a tensione costante*) e il valore della tensione viene fatto crescere, la corrente passerà solo al raggiungimento di uno specifico valore di tensione. Questo fenomeno prende il nome di *tensione di breakdown* e quando la tensione sale più del necessario, la corrente comincerà a scorrere dal catodo all'anodo per contrastarne l'aumento. Questa caratteristica tipica dei diodi Zener viene usata nei circuiti in cui la tensione dev'essere stabilizzata.



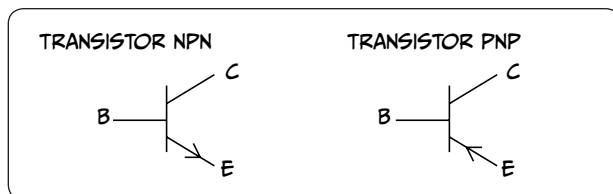
Caratteristiche di un diodo Zener.

Se usiamo un diodo tradizionale al posto di un diodo Zener, questo rischierà di rompersi perché la corrente di Zener e la tensione di breakdown si concentreranno localmente all'interno del diodo.

TRANSISTOR

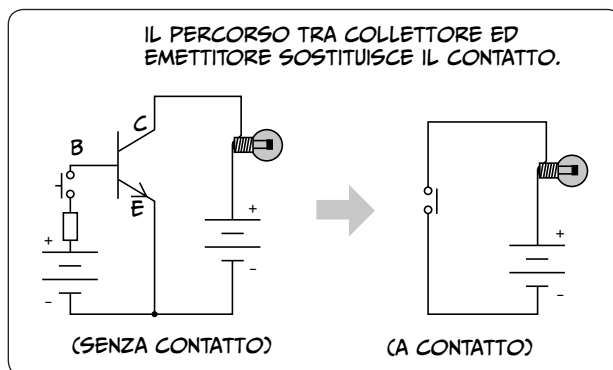
Un *transistor* è un dispositivo a semiconduttori che amplifica i segnali o funge da interruttore regolando la tensione o la corrente applicata su un elettrodo.

Un transistor che regola il passaggio di grandi correnti elettriche viene chiamato *transistor di potenza*. In genere, si tratta di transistor di tipo NPN.



Simboli dei transistor.

L'interruttore basato sui transistor non ha contatti che rischiano di usurarsi e questo riduce i guasti. Inoltre le transizioni *on-off* sono molto rapide, consentendo un maggiore controllo dei dispositivi.

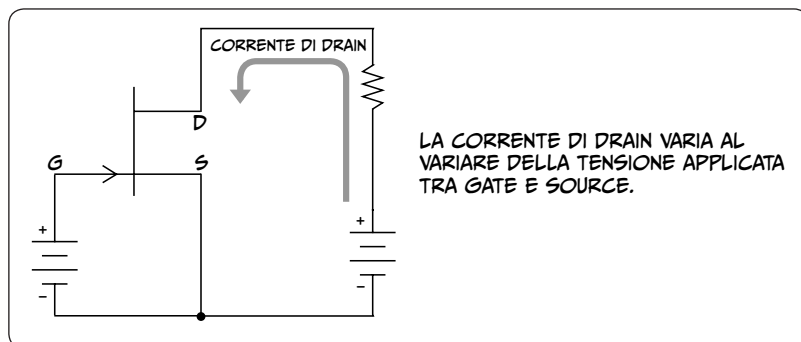


Transistor che agisce come interruttore.

TRANSISTOR A EFFETTO DI CAMPO

Un transistor in cui la corrente di collettore è regolata dalla quantità di corrente immessa nella base viene chiamato *transistor a giunzione bipolare*. Invece, un transistor in cui la regolazione non avviene tramite la corrente, ma attraverso la sola tensione applicata viene chiamato *transistor a effetto di campo* (*field-effect transistor*, o *FET*).

I transistor a effetto di campo sono molto utili perché consumano poca potenza e hanno tempi di risposta molto veloci (visto che non c'è immissione di corrente). Un transistor a effetto di campo possiede tre terminali chiamati *G* (*gate*), *D* (*drain*) e *S* (*source*), che sono simili rispettivamente alla base, al collettore e all'emettitore del transistor bipolare visti prima. Un transistor a effetto di campo regola la corrente di drain in funzione della tensione applicata al gate.

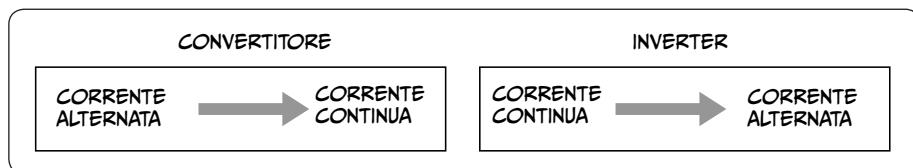


Transistor a effetto di campo (a canale N).

Un *circuito integrato* (IC) è un dispositivo in cui un numero elevato di elementi quali transistor o resistenze sono contenuti in un unico componente. I circuiti integrati sono usati in vari dispositivi elettronici, come i televisori e i computer. Nei circuiti integrati viene spesso usato un amplificatore chiamato *MOSFET* (*transistor metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo*), in cui il gate è isolato da uno strato sottile di silice.

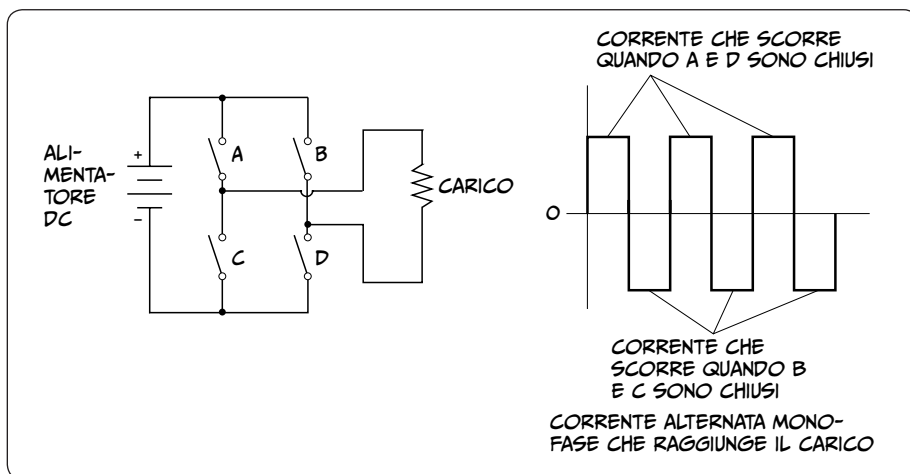
CONVERTITORI E INVERTER

I dispositivi che convertono corrente alternata in continua grazie a un diodo sono chiamati *convertitori*, mentre i dispositivi che convertono corrente continua in alternata sono chiamati *inverter*.



Convertitori e inverter.

L'inverter sfrutta un interruttore a semiconduttore (per esempio un transistor) per svolgere la funzione dell'interruttore. Collegando quattro interruttori a semiconduttore e chiudendo e aprendo A, D, B e C (come mostrato nella figura seguente) possiamo ottenere una corrente alternata monofase. La frequenza della corrente alternata monofase può essere cambiata a piacimento variando la velocità di azionamento degli interruttori.



Corrente alternata monofase creata da un inverter.

La velocità di rotazione di un *motore a induzione* è direttamente proporzionale alla frequenza dell'alimentatore. Se quest'ultima è costante, sarà costante anche la velocità di rotazione.

In un climatizzatore che deve raffreddare l'aria, il motore deve azionare un compressore che comprimerà il gas refrigerante. Se la velocità di rotazione del motore fosse costante, ci sarebbe uno spreco di corrente elettrica nei casi in cui fosse richiesta solo una ridotta quantità di aria.

Quindi, per ottenere una riduzione degli sprechi si può utilizzare un inverter per creare una corrente alternata la cui frequenza può variare a seconda delle esigenze capacitive del motore e del sistema.

Un motore DC azionato da un alimentatore DC è integrato nei più recenti climatizzatori a inverter. Per modificare la velocità di rotazione del motore DC bisogna poter variare anche la tensione e a questo scopo viene utilizzato un interruttore a semiconduttore.

Oltre che nei climatizzatori, gli inverter sono utilizzati in molti elettrodomestici di uso comune, nell'illuminazione interna dei frigoriferi e persino nei vagoni ferroviari.

SENSORI

Nelle apparecchiature elettriche vengono utilizzati diversi sensori che sostituiscono le percezioni dei nostri sensi. Per esempio, i termostati utilizzano un sensore di temperatura per rilevare la temperatura e regolare l'accensione o lo spegnimento dei caloriferi. Questo ci evita di dover accendere o spegnere il riscaldamento di persona.

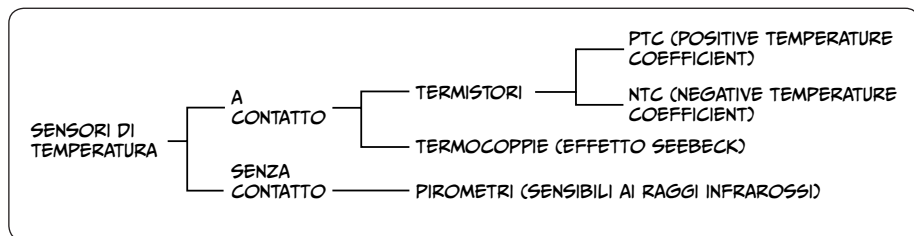
Visto che i sensori convertono, per esempio, informazioni luminose o termiche in informazioni elettriche, se vengono integrati in un circuito elettrico possono permettere a un dispositivo di operare automaticamente. Esistono anche sensori in grado di rilevare il magnetismo (che non possiamo percepire grazie ai nostri sensi) o i raggi infrarossi (invisibili a occhio nudo).

SENSORI DI TEMPERATURA

Un *sensore di temperatura (resistivo)* è un dispositivo che modifica la sua resistenza elettrica a seconda della temperatura che rileva. I sensori di temperatura possono essere a contatto e rilevare quindi la temperatura toccando direttamente il materiale di cui vogliamo misurare

la temperatura, oppure senza contatto e percepire l'emissione termica del materiale senza toccarlo direttamente.

Esempi di sensori di temperatura a contatto sono i termostati, i termistori e le termocoppie. Sensori di temperatura senza contatto sono ad esempio i sensori a infrarosso.

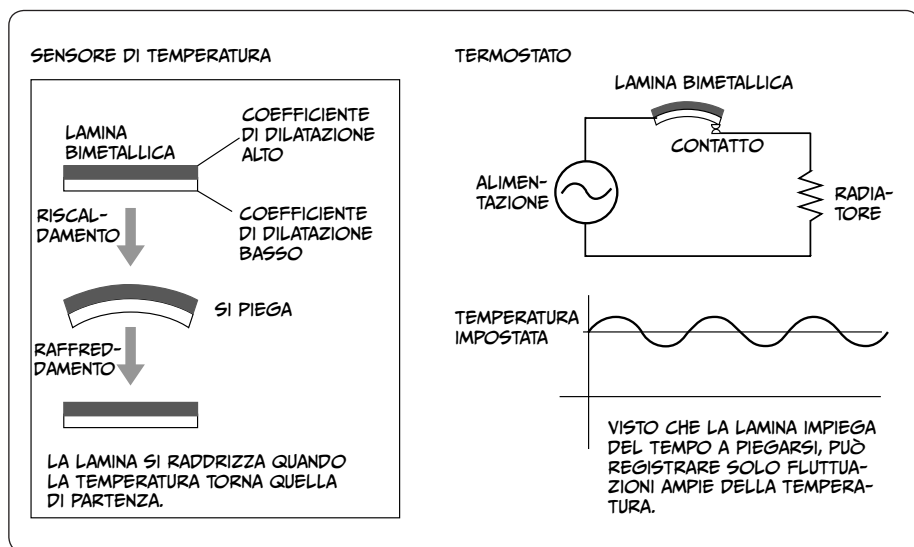


Classificazione dei sensori di temperatura.

Il più semplice sensore di temperatura è il termostato bimetallico. Utilizza una lamina bimetallica composta da due tipi di metallo aventi diversi coefficienti di dilatazione termica.

La lamina si curva quindi in modo diverso a seconda della variazione di temperatura.

Anche se vengono usati nelle coperte elettriche, visto che il radiatore si accende e si spegne direttamente a contatto, questi termostati possono regolare soltanto variazioni di temperatura ampie. Un sensore di temperatura che integra una lamina bimetallica viene usato anche negli interruttori automatici dei quadri elettrici.



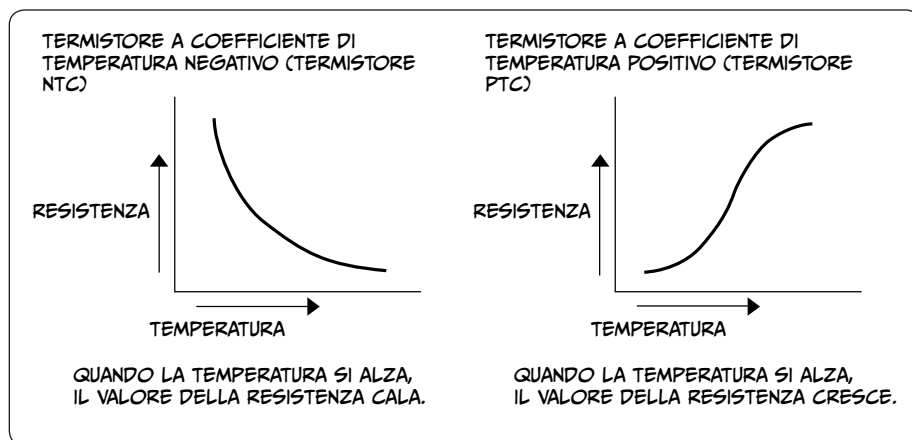
Controllo della temperatura con un termostato bimetallico.

Un *termistore* è un sensore di temperatura la cui resistenza elettrica varia in funzione della variazione della temperatura. In generale, in tutti i metalli la resistenza elettrica varia con la temperatura.

Comunque la resistenza dei termistori cambia in modo significativo anche in presenza di piccole variazioni di temperatura. Visto che i termistori non sono attraversati da correnti molto elevate, di solito vengono associati a un circuito elettrico per il controllo della temperatura.

I termistori si dividono in *termistori a coefficiente di temperatura positivo (PTC)*, in cui la resistenza cresce quando si alza la temperatura, e *termistori a coefficiente di temperatura negativo (NTC)*, in cui la resistenza cala quando si alza la temperatura.

I climatizzatori e i frigoriferi di ultima generazione utilizzano i termistori come sensori di temperatura, combinati con circuiti elettrici che sfruttano i dispositivi a semiconduttore per consentire un controllo accurato della temperatura.

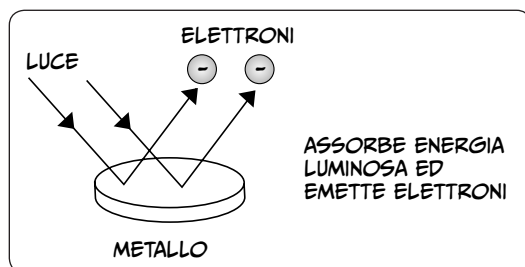


Comportamento di un termistore al variare della temperatura.

SENSORI OTTICI

Un *sensore ottico* percepisce la luce come i nostri occhi. Questi sensori sono usati per azionare, ad esempio, i lampioni quando scende il buio e permettono ai dispositivi elettronici di ricevere il segnale di un telecomando a infrarossi.

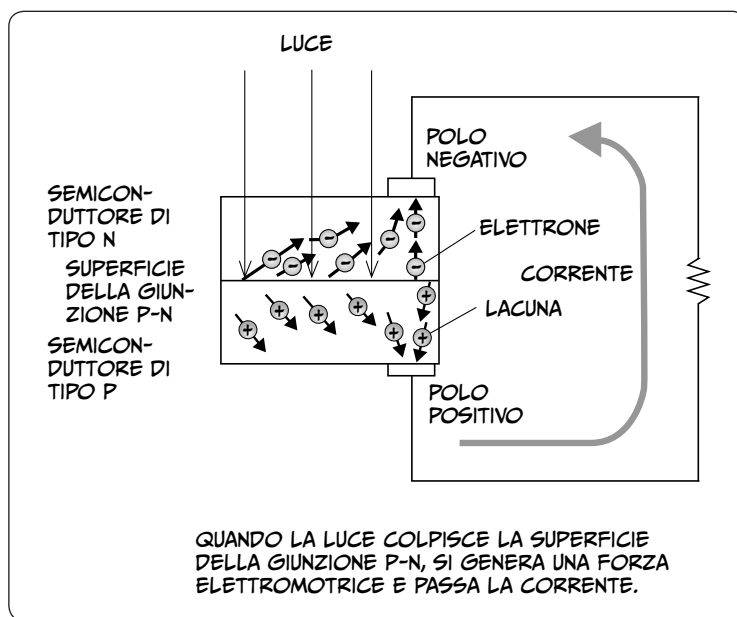
Un sensore ottico converte l'energia luminosa in un segnale elettrico. Il fenomeno per cui un materiale (ad esempio un metallo) assorbe energia luminosa ed emette elettroni è chiamato *effetto fotoelettrico*.



Effetto fotoelettrico.

Il fenomeno che descrive il generarsi di una tensione alla giunzione di un semiconduttore grazie all'effetto fotoelettrico si chiama *effetto fotovoltaico*. I sensori ottici che sfruttano l'effetto fotovoltaico sono per esempio i *fotoiodi* e i *foto transistor*. Anche i pannelli solari usati nelle centrali fotovoltaiche per produrre energia elettrica sfruttano l'effetto fotovoltaico.

Un *pannello solare* genera una forza elettromotrice quando l'energia della luce del sole colpisce la superficie della giunzione p-n, spingendo le lacune e gli elettroni a muoversi rispettivamente verso il polo positivo e il polo negativo. Collegando un carico a un pannello solare, si ottiene passaggio di corrente.

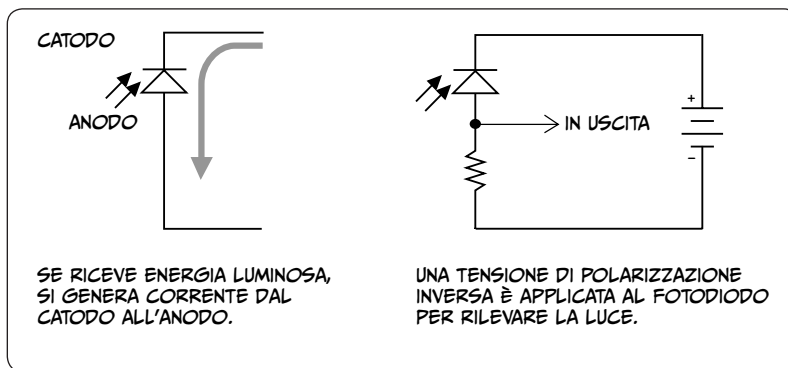


Effetto fotovoltaico in un pannello solare.

Il fenomeno per cui un portatore di carica come l'elettrone si genera per effetto fotovoltaico, modificando di conseguenza la resistenza interna di un materiale, viene chiamato *fotoconducibilità*. Una *cella al solfuro di cadmio (CdS)* è una cella solare che sfrutta la fotoconducibilità.

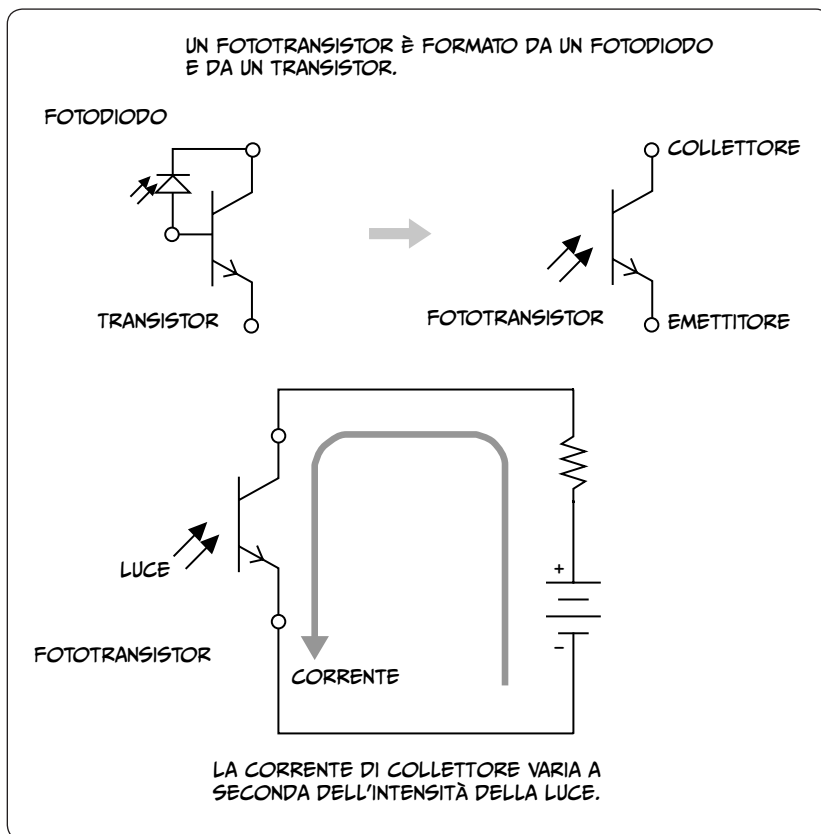
Un *fotoiodo* è un dispositivo a semiconduttore in cui la corrente scorre dal catodo all'anodo per effetto fotovoltaico quando è colpito dalla luce o da raggi infrarossi. La corrente che passa varia al variare dell'intensità della luce e il fotodiiodo può misurare questa variazione.

La corrente in gioco è molto piccola e viene usata in genere applicando una tensione di polarizzazione inversa.



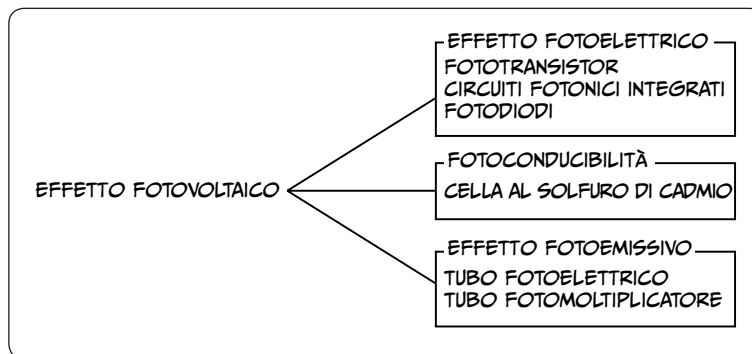
Fotodiode.

Un fotodiode associato a un transistor viene chiamato *Fototransistor*. Anche se in un fototransistor non c'è la base, la corrente di collettore scorre in presenza di luce in un modo simile al passaggio della corrente di base in un transistor. La corrente nel collettore varia al variare dell'intensità della luce.



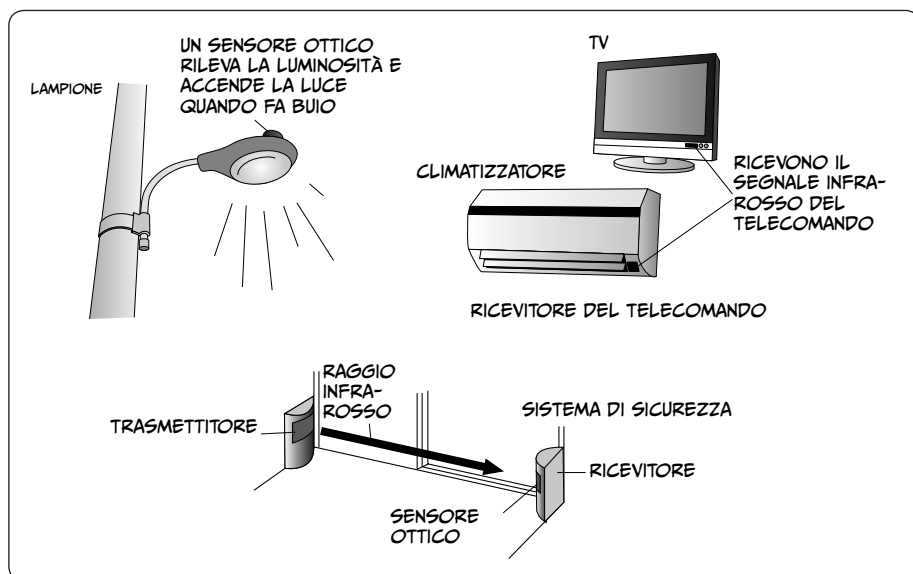
Fototransistor.

I sensori ottici come i fototransistor vengono utilizzati per determinare la posizione o la presenza di un oggetto senza bisogno di toccarlo.



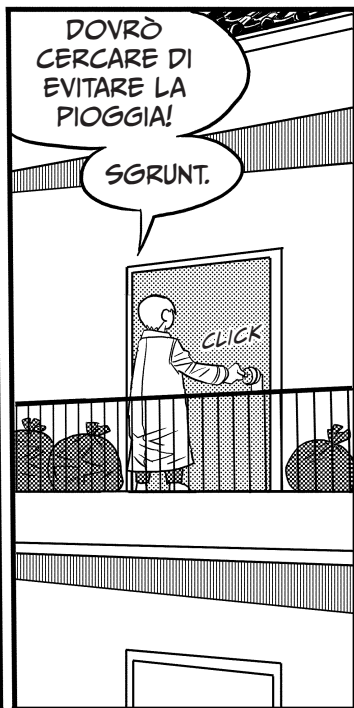
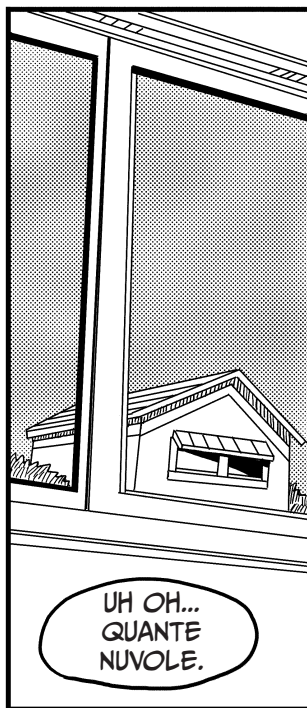
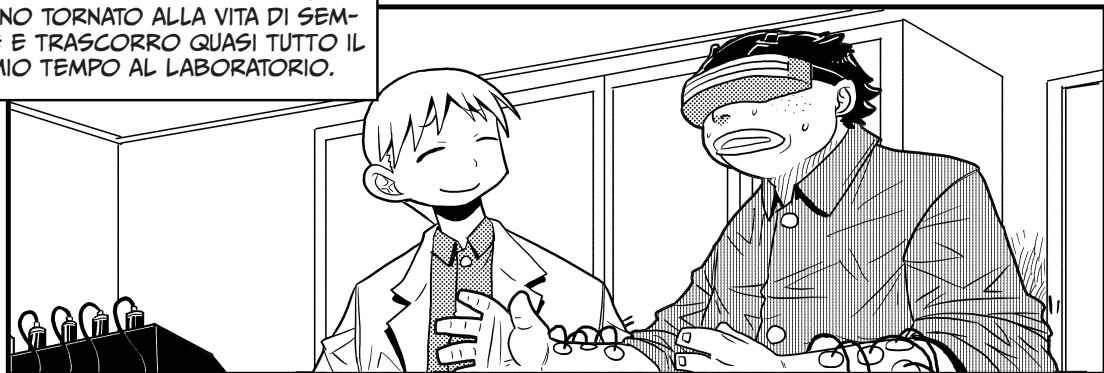
Effetto fotoelettrico e sensori ottici.

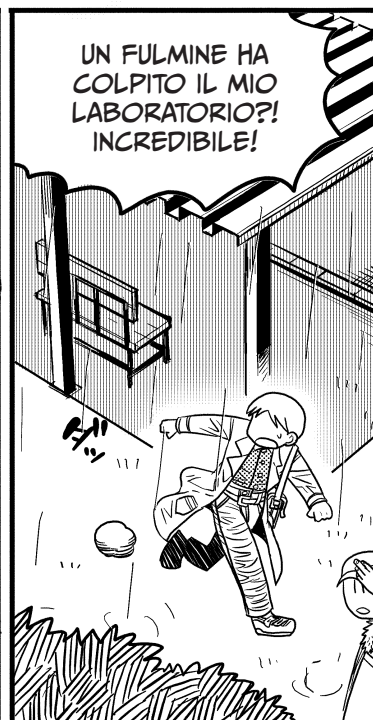
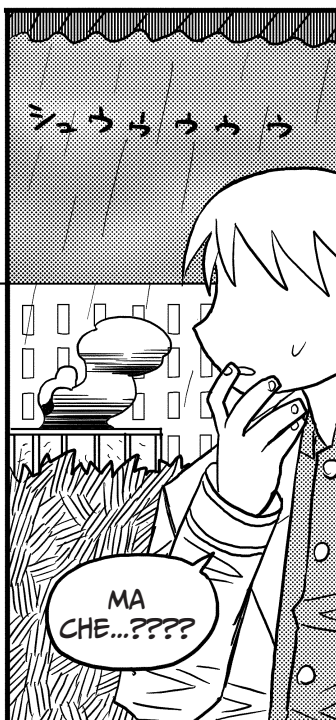
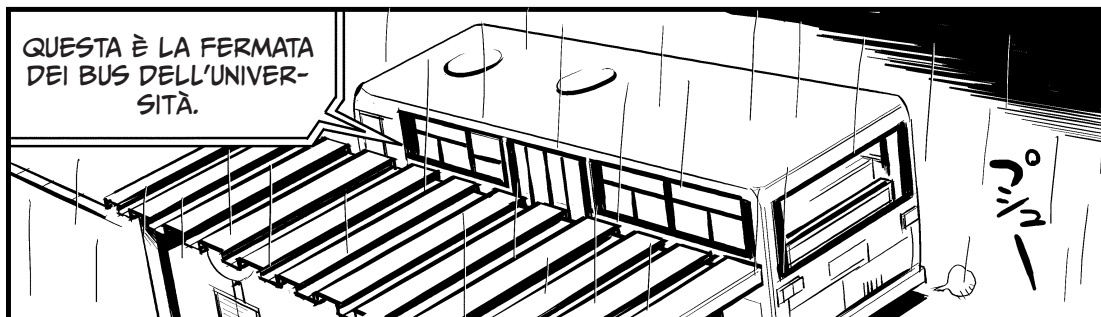
I sensori ottici hanno molti utilizzi nella vita di tutti i giorni. Possono rilevare la luminosità e azionare lampade a intensità regolabile, per esempio. I sensori ottici possono essere utilizzati anche nei sistemi di sicurezza, per rilevare il movimento (inteso come variazione di luce).

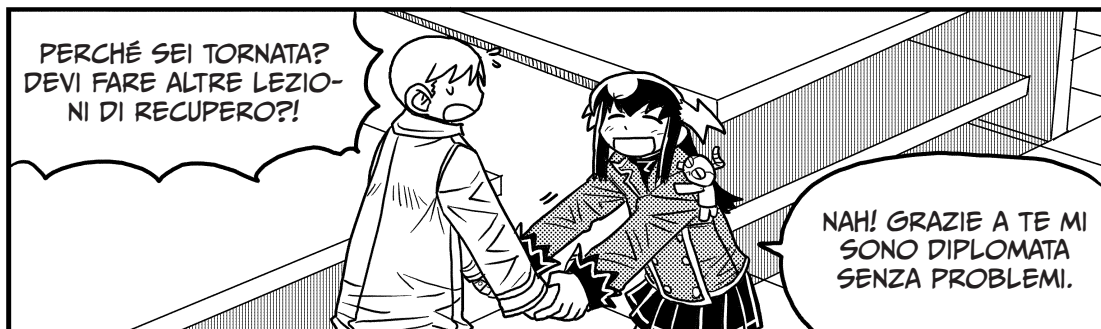
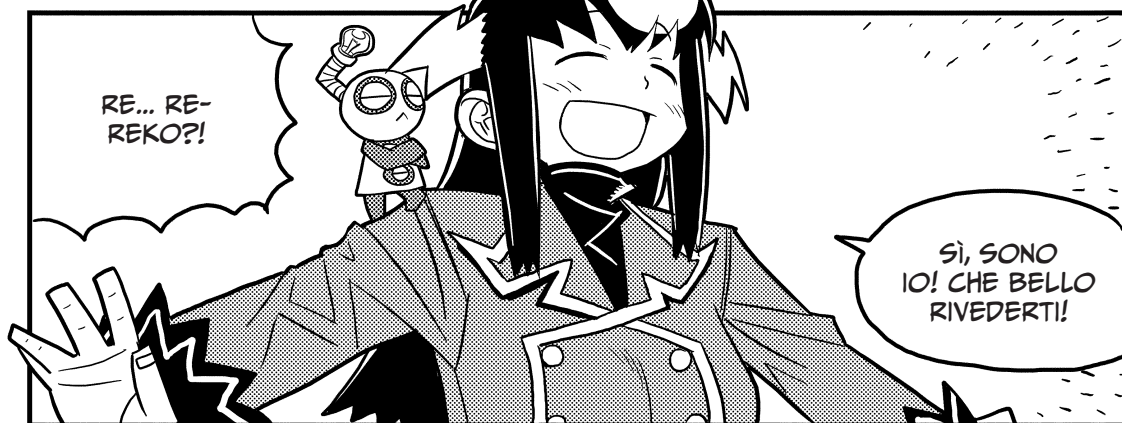
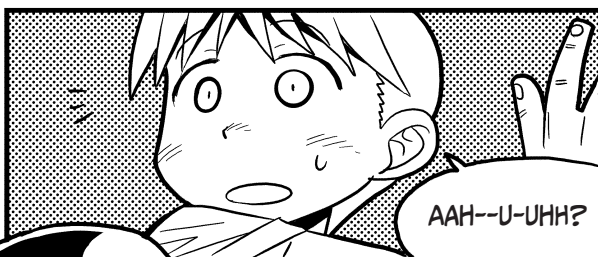
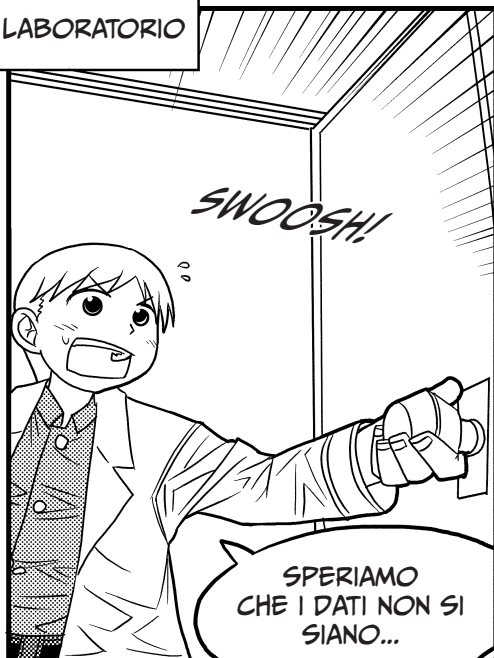


Vari usi dei sensori ottici.

DOPO LA PARTENZA DI REREKO
SONO TORNATO ALLA VITA DI SEM-
PRE E TRASCORRO QUASI TUTTO IL
MIO TEMPO AL LABORATORIO.









INDICE

A

AC, (v. corrente alternata)
 acciaio, 41-42, 51
 acido solforico, 127, 129
 agente ossidante, 131
 alcalina, pila, (v. pila alcalina)
 ambra, 25
 Ampère, André Marie, 45
 ampere/amp (A), 16, 45, 68
 Ampère, legge di, 96, 107-108
 amperometro, 142-143
 anemometro/anemoscopio, 154
 anione, 127
 anodo, 136-139, 169, 171, 193
 applicazioni elettriche, (v. elettricità, applicazioni)
 arseniuro di gallio, 163
 assoluto, zero, (v. zero assoluto)
 atomo, 26-28, 34-35, 47, 127, 165
 attrazione, forza di, 25, 49-50, 97, 108
 autoinduzione, 112
 avvolgimento, - primario, 114
 - secondario, 114

B

barra di regolazione, 151
 barriera di potenziale, 170-171
 base, corrente di (v. corrente di base)
 base-collettore, giunzione, 179
 base-emettitore, giunzione, 177-178
 batterie, 45, 59-60
 - AA, 46-47, 74
 - come fonte di energia, 63-64, 124-125
 - creare la tua, 140-141
 - induttori, 112
 - litio, 125
 - moneta, 140-141, 174
 - pila a secco, 125, 130, 131, 132-134, 171-172, 178
 - reazioni chimiche, 120

- serie, 47
 - solare, 125
 - tensione, 46-47
 - tipi di, 125
 - torcia, 59, 73
 bimetallico, termostato (v. termostato bimetallico)
 bipolare, transistor, (v. transistor a giunzione bipolare)
 bollitore, 14, 18, 22
 boro, 167, 168
 breakdown, tensione di, 187

C

cadmio, cella al solfuro di (CdS), 193
 caldaia, 147
 calore, generazione, 85-93, 104-105, 123, 143-144
 caloria, 85, 86, 104
 campo magnetico, 94-98, 100, 107-109, 111, 114, 121, 148
 capacità, 115
 capelli, 41-42, 51
 carbone, 147, 149
 carica, 29
 - accumulo, 115
 - attrazione e repulsione, 25, 49-50, 97, 108
 - misurazione, 49
 - negativa/positiva, 27-29, 30-33, 36-39, 42, 47-48, 50-52, 166
 - polarità, 41
 - scarica elettrica, 31-33, 51
 carico, 61, 62, 73, 136, 182, 187
 carta, 41-42, 51
 catione, 127, 128
 catodo, 136-139, 169, 171, 193
 CdS (cella al solfuro di), 193
 cella, 124-132
 - a combustibile, 124-125, 135-138
 - acqua, 135-137

- al solfuro di cadmio, 193
 - chimica, 124-132
 - elettrochimica, 124-132
 - fisica, 124-125
 - galvanica, 126, 130
 - primaria, 124-125
 - secondaria, 124-125
 - solare, 125, 193
 - voltaica, 125
 cella chimica, reazioni, 124-132, 137, 138
 centrale elettrica, 20, 120, 147-154
 centrale, tipi di, - a bacino, 152-153
 - eolica, 154
 - idroelettrica, 120, 147
 - nucleare, 120, 147, 151-152
 - termica, 120, 147, 149-152
 ciclo combinato, 149, 150-151
 circuito elettrico, - applicazioni, 56-58
 - chiuso, 61, 73
 - componenti elettriche, 61-66, 73
 - corrente alternata, 75-76
 - corrente diretta, 64, 74-75
 - creare il tuo, 141, 142
 - diodo, 171
 - integrato (ICs), 183
 - interruttore, 19, 21
 - parallelo, 79
 - simboli grafici, 73, 74
 - tipi di collegamento, 69-72, 78-80
 climatizzatore, 192
 collegamento, - elettrico, 69-72, 78-80
 - in parallelo, 69-72, 79-80
 - in serie, 69-72, 78-80
 collettore, 177-181, 182, 188
 combustibile (petrolio, carbone, gas), 147, 149, 150
 combustione interna, 149, 150
 condensatore, 115-116, 149, 151, 187
 conduttanza (G), 77

conduttività, 34–35, 77, 135, 166, 168

- fotoconducibilità, 193, 195
- superconduttività, 88, 105

conduttore, 30–31, 98–100, 108–110, 127, 148, 161, 162

consumo elettrico, 17–18

controelettromotrice, forza, 112

convertitore, 189–190

corrente (I), 16, 45, 51, 128

- acqua, 181
- alternata, 64–66, 75–76, 113–116, 121, 123, 149, 173, 189–190
- base, 178, 179–181, 182
- chiusa, 61
- collettore, 179–181
- collettore-emettitore, 182, 188
- continua, 64, 66, 74–75, 123, 149, 173, 189–190
- di base, 178, 179–181, 182
- direzione, 33, 51–52, 63–66, 75, 96–97, 98–101
- drain, 189
- fissata, 63, 74
- flusso, 15–17, 20–24, 58, 61, 63–68, 73–78, 96, 108–109, 128
- in anticipo, 116
- indotta, 111
- in ritardo, 113
- intensità, 52
- limitatore, 21
- misurazione, 16, 143
- nominale, 23
- temperatura, 142–143
- velocità, 53
- verso, 33, 51–52, 63–66, 75, 96–97, 98–101

corrente alternata (AC), 64–66, 75–76, 113–116, 121, 123, 149, 173, 189–190

- alimentazione, 114, 121, 123, 186
- circuiti, 75–76
- monofase, 189–190

corrente continua (DC), 64, 66, 74–75, 123, 149, 173, 189–190

- circuito, 64, 74–75
- alimentazione, 74

cotone, 41–42, 51

Coulomb, Charles Augustine, 49

Coulomb, forza di, 29, 43, 49–50

coulomb (Q), 45, 49–50, 104

D

DC. (v. corrente continua)

depolarizzatore, 131

differenza di potenziale, 15–16

diodo, 163, 169–171, 173, 177, 183, 186–188, 189

- a emissione di luce, 141, 174–175
- a tensione costante, 187
- fotodiodo, 193–194
- ponte, 186
- Zener, 187–188

drogaggio, 164

drain, corrente, (v. corrente drain)

E

elettrica/o,

- cavo, 74, 77, 88, 96, 107, 108, 148
- collegamento, 69–72, 78–80
- corrente, 101, 110, 120–123, 147–149, 152–154
- dispositivo, 23–24, 63–64, 123, 149
- elettrodomestico, 19, 24, 45, 46, 56–58, 71–72, 96, 123, 190
- potenza, 17–18, 19, 45, 46
- potenziale, 46–47
- resistenza, (v. resistenza) (R)
- scarica, 31–33, 51
- scossa, 40, 66
- stufa, 62, 74

elettricità,

- applicazioni, 19, 24, 45, 46, 56–58, 71–72, 96, 123, 190
- natura della, 25–29
- per strofinio, (v. triboelettricità)

elettricità statica, 25, 29, 32, 36–40, 49–53

- forza elettrostatica, 29, 43, 49–50

- serie triboelettrica, 51–53
- uso, 43–44

elettrochimica, reazione, 132

elettrodo, 127, 136, 169, 177

elettrolita, 126, 130, 132, 140

elettromagnetica,

- forza, 109, 111
- induzione, 111–112
- onda, 91, 106–107

elettromotrice, forza, 61, 73, 100, 110, 111, 112, 122, 130

elettrone, 26–29, 34–35, 47–48

- collisione, 89–90, 93, 105
- lacuna, 167, 170, 174, 177–178
- libero, 27–28, 35, 47–48, 166, 167, 170, 171
- movimento e carica elettrica, 49, 51–53
- orbitale, 34–35, 47–48, 165
- reazioni chimiche, 128–129, 137, 138
- valenza, 34–35, 48, 165–166, 167
- velocità, 53

elettrostatica, forza, (v. forza elettrostatica)

elettrostatica, induzione, (v. induzione elettrostatica)

emettitore, 177–180, 182, 188

emissione di luce, 91–93, 106–107, 174–175

energia, 46

- calore, 61, 62
- ecologica, 154
- luminosa, 61, 62
- misurazione, 46
- solare, 124–125
- termica, 61, 62, 106, 124

Europa, voltaggio in, 45

F

farad, 115

fase, differenza, 113

fattore di potenza, basso, 113

FET (field-effect transistor), (v. transistor a effetto di campo)

Fleming, John Ambrose, 109
 Fleming,
 - regola della mano sinistra, 98–99, 109
 - regola della mano destra, 100–101, 110, 121, 148
 fluorescente, luce, 92–93, 106–107
 flusso di corrente, (v. corrente, flusso)
 forza,
 - di attrazione, 25, 49–50, 97, 108
 - di repulsione, 49–50, 97
 - elettrostatica, 29, 43, 49–50
 fosforo, 168
 fotocamera digitale, 175
 fotoconduttività, 193, 195
 fotocopiatore, 43
 fotodiodo, 193–194
 fotoelettrico, effetto, 192, 195
 fotoemissione, effetto, 195
 fototransistor, 193, 195–196
 fotovoltaico, effetto, 193
 Francis, turbina, 153
 frequenza, 65, 75, 122
 frigorifero, 190, 192
 fuel reformers, (v. rigeneratore)
 fusibile, 19

G

galvanica, cella, (v. cella galvanica)
 gamma, raggi, (v. raggi gamma)
 gas,
 - centrali elettriche, 149, 150
 - combustibile, 147, 149, 150
 - naturale liquefatto (GNL), 149
 gate, 189
 generatore, 101, 110, 120–123, 147–149, 152–154
 geomagnetismo, 95
 germanio, 163–164
 Giappone, 45, 65, 153, 154
 giga-, 46
 giunzione P-N, 169, 170, 174, 193
 gomma, 41–42, 51

H

hertz (Hz), 65, 75, 122, 149
 |
 ICs (integrated circuits), (v. circuito integrato)
 idroelettrica, energia,
 - centrale, 110, 152–154
 - produzione, 120, 147
 idrogeno,
 - gas, 129, 130, 131
 - ione, 129, 137, 138, 139
 idrossido di sodio, 135–136
 impedenza, 116
 indotta,
 - corrente, 111
 - forza elettromotrice, 111, 114
 induttanza, 112
 induttiva, reattanza, (v. reattanza induttiva)
 induzione,
 - elettromagnetica, 111–112
 - elettrostatica, 40, 50
 - motore, 190
 - mutua, 114
 intensità, 45
 interruttore, 59, 60–61, 73, 74, 176, 181–182
 - a contatto, 60, 61, 73, 188
 - di sicurezza, 21–23
 - senza contatto, 181–182
 inverter, 189–190
 ione, 127, 129
 - negativo, 127
 - positivo, 127
 ionizzazione, 129
 isolante, 30, 32, 161, 162

J

Joule, James Prescott, 104
 joule (J), 45, 46, 104
 joule, effetto, 86, 104

K

Kaplan turbine, 154
 kilo-, 46
 kilowatt ora (kWh), 18–19, 46

L

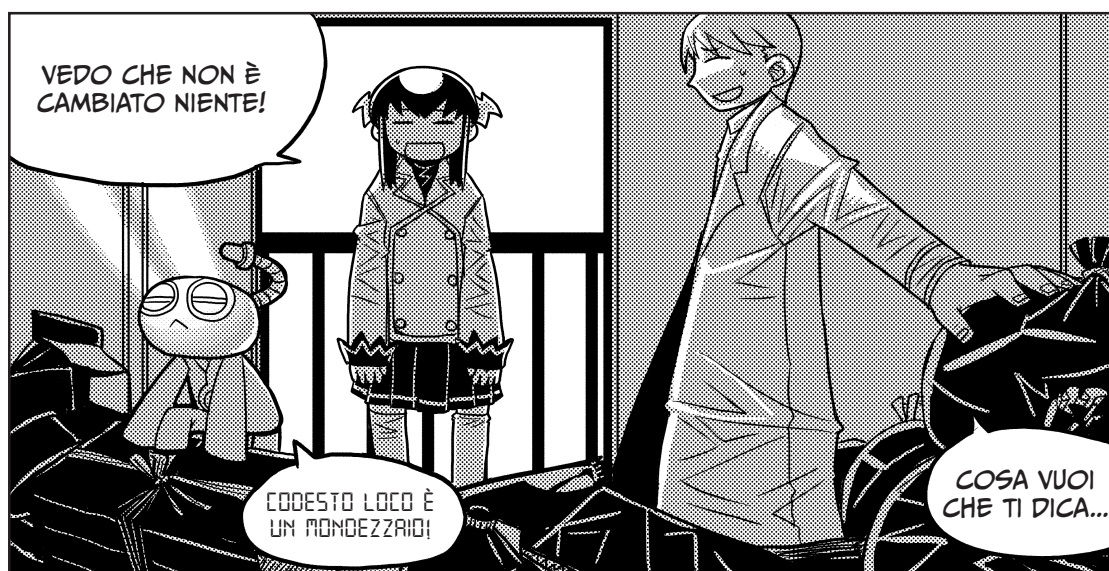
lacuna, 167, 170, 174, 177–178
 lana, 41–42, 51
 LED (light-emitting diode), 141, 174–175
 legno, 41–42, 51
 Lenz, Heinrich Freidrich Emil, 111
 Lenz, legge di, 111
 lampadina, 59, 60–62, 71–72, 73
 - collegamento in serie, 79, 80
 - emissione di luce, 92–93, 106–107
 linea elettrica, 20
 litio, batterie, 125
 luce,
 - fluorescente, 92–93, 106–107
 - rossa, 91, 106
 - violetta, 91, 106
 - visibile, 91, 93, 106
 luminescenza, 90–93, 106–107, 175
 - elettrica, 175, 190
 lunghezza d'onda, 91, 106

M

magnete, 94, 107, 110, 111
 magnetico, campo, (v. campo magnetico)
 magnetismo, 94–97, 107–108, 110, 111
 manganese,
 - diossido, 132, 134
 - pila a secco, 125, 131, 132, 134
 materiale attivo, 132
 mega-, 46
 metallo,
 - acciaio, 41–42, 51
 - alluminio, 88–89, 140
 - proprietà, 35
 - rame, 34–35, 41–42, 47–48, 51
 - termostato bimetallico, 191
 mho, (v. siemens per metro)
 micro-, 46
 milli-, 46
 moderatore, 151
 MOSFET (transistor metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo), 189

- moto, 73
 motore, 98–99, 101, 109, 110, 190
- N**
 neutrone, 27, 47–48
 newton (N), 49
 NTC (termistore a coefficiente di temperatura negativo), 192
- nucleare,
 - fissione, 147, 151
 - energia, 120, 147, 151–152
 - reattore, 147, 151
 nucleo, 26–27, 34–35, 47–48
 numero atomico, 34
 nylon, 41–42, 51
- O**
 Ohm, Georg Simon, 73
 ohm (Ω), 62, 73, 77, 162
 ohm, inverso, 77
 Ohm, legge, 67–68, 76
 onda,
 - elettromagnetica, 91, 106–107
 - radio, 91, 106
 - UHF, 91
 - VHF, 91
 orbitale, 34–35, 47–48, 165
 - esterno, 35, 47, 48, 165
 - interno, 47
 ossidoriduzione (redox), 132
- P**
 Peltier, effetto, 144
 Pelton, turbina, 153
 petrolio (carburante), 147, 149, 150
 pico-, 46
 pila,
 - a bottone, 140–141, 174
 - alcalina, 125, 133–134
 - a secco, 125, 130, 131, 132–134, 171–172, 178
 polarizzazione, 41, 131
 - diretta, 173, 174
 - corrente, 187
 poliestere, 41–42, 51
- polietilene, 41–42, 51
 polo,
 - negativo, 46–47, 73, 132, 140, 171, 177–178
 - nord magnetico, 94–95, 99, 100–101, 107, 110, 111, 121–122
 - positivo, 46–47, 61, 73, 132, 171, 177–178, 179
 - sud magnetico, 94–95, 99, 100–101, 107, 110, 121–122
 potenza (P), 17–18, 19, 45, 46
 potenza, fattore, 113
 potenziale, 16, 46–47
 presa elettrica, 23–24, 63–64, 123, 149
 protone, 27, 29, 34, 47–48
 PTC (termistore a coefficiente di temperatura positivo), 192
- PVC (vinile), 37, 39, 41–42, 51
- Q**
 quadro elettrico domestico, 20–21
- R**
 radio, onde, 91, 106
 raggi,
 - calorifici, (v. raggi infrarossi)
 - gamma, 91
 - infrarossi, 90–91, 106
 - ultravioletti, 91, 93, 106, 107
 - X, 91
 rame,
 - atomo, 35
 - cavo, 31, 104, 128
 - piastra, 126, 127, 128, 130, 140
 reattanza,
 - capacitiva, 116
 - induttiva, 113
 reattore,
 - ad acqua bollente, 151–152
 - ad acqua leggera, 151
 - ad acqua pressurizzata, 151–152
 - nucleare, 147, 151
 repulsione, forza di, 49–50, 97
- resistenza (R), 61–62, 67–74, 76, 77, 79–80, 85, 88–89, 104, 105, 182
 resistenza,
 - all'alta temperatura, 89
 - equivalente, 69–72, 78–80
 resistenze, collegamenti, 69–72, 78–80
 resistività (ρ), 77, 162
 resistore, 183
 rettificazione, 170, 173
 - a doppia semionda, 186–187
 - a semionda, 186–187
 rigeneratore, 139
- S**
 salvavita, 19, 21–23
 scarica elettrica, 31–33, 51
 Seebeck, effetto, 142–144
 semiconduttore, 30, 163, 166–171, 172
 - composito, 163
 - dispositivi, 160–164, 161, 163, 169, 176, 183, 188–189
 - di tipo N, 166, 169–171, 172
 - di tipo P, 168, 169–171, 172
 - estrinseco, 164, 168
 - intrinseco, 164
 sensore, 190
 - a contatto, 191
 - di temperatura, 191
 - ottico, 192–195
 - senza contatto, 191
 - temperatura, 190–192
 seta, 41–42, 51
 SI, prefissi e unità, 46
 Siemens, Ernst Werner von, 77
 siemens al metro (S/m), 77
 silicio, 163–166, 167
 - cristallo, 165, 168
 - silice, 164
 simboli,
 - ampere/amp (A), 16, 45, 68
 - carica (Q), 49
 - conduttanza (G), 77
 - corrente (I), 16, 143
 - coulomb (C), 45, 49–50, 104
 - farad (F), 115
 - giga- (G), 46
 - hertz (Hz), 65, 75, 122, 149

- joule (J), 45, 46, 104
 - kilo- (k), 46
 - kilowattora (kWh), 18–19, 46
 - micro- (μ), 46
 - milli- (m), 46
 - mega- (M), 46
 - newton (N), 49
 - ohm (Ω), 68, 73, 77, 162
 - pico- (p), 46
 - potenza (P), 17–18, 19, 45, 46
 - resistenza (R), (v. resistenza)
 - resistività (ρ), 77, 162
 - siemens al metro (S/m), 77
 - tempo (t), 52
 - tera- (T), 46
 - unità di misura e prefissi SI, 46
 - volt (V), 15, 17–18, 45, 68
 - watt (W), 17, 45
 - watt secondo (Ws), 46, 104
 - simboli grafici, 73–74
 - Sistema internazionale di unità di misura (SI), 46
 - solare,
 - batteria, 125
 - cella, 125, 193
 - energia, 124–125
 - sorgente elettrica,
 - 63–64, 72, 182
 - batteria, 63–64, 124–125
 - corrente alternata,
 - 114, 121, 123, 186
 - corrente continua, 74
 - tensione, 60–61, 62, 73–74, 78, 115
 - spina, 24, 63–64
 - spira, 99, 108, 111–115, 121, 122, 148
 - Stati Uniti d'America, voltaggio in, 45
 - struttura atomica, 34–35
 - stufa elettrica, 62, 74
 - suono, 73
 - superconduttività, 88, 105
 - superconduttore ad alta temperatura, 105
- T**
- Talete, 25
- temperatura, sensore, 190–192
- tempo (t), 52
- tensione (V), 15, 45, 46–47
- 100V, 14, 45
 - 120V, 22, 45, 72, 75, 76, 80, 123, 149
 - 170V, 75, 76, 149
 - 240V, 45
 - alimentazione, 60–61, 62, 73–74, 78, 115
 - differenze internazionali, 45
 - di picco, 75–76, 123, 149
 - efficace, 75–76, 123, 149
 - elettrodomestici, 19, 24, 45, 46, 71–72, 96, 123, 190
 - istantanea, 75–76
 - picco, 75–76, 123, 149
 - polarizzazione diretta, 173, 174
 - polarizzazione inversa, 171, 193
 - polo positivo/negativo, 46–47, 61, 73, 132, 171, 177–178, 179
 - potenziale, 46–47
 - primaria, 115
 - trasformazione, 20
- tera-, 46
- termistore, 191–192
- a coefficiente di temperatura negativo (NTC), 192
 - a coefficiente di temperatura positivo (PTC), 192
- termocoppia, 143
- termopila, 125, 141–143
- termostato, 191
- bimetallico, 191
- torcia, 58–61, 73
- tostapane, 74
- transistor, 163, 176–183, 183, 188–189
- a effetto di campo, 188–189
 - a giunzione bipolare, 188
 - amplificatore, 181
 - di potenza, 188
 - fototransistor, 193, 195–196
 - metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo (MOSFET), 189
 - NPN, 177–178, 188
 - PNP, 177–178, 181, 188
- trasformatore, 20, 114–115
- triboelettrica, serie, 40–43, 51–53
- triboelettricità, 38, 49, (v. anche elettricità statica)
- turbina, 147, 149, 152, 153
- eolica, 154
- U**
- UHF, onda, 91
- V**
- valenza, elettrone, 34–35, 48, 165–166, 167
- vapore, 149, 150
- vetro, 41–42, 51
- VHF, onda, 91
- vinile (PVC), 37, 39, 41–42, 51
- volt (V), 15, 17–18, 45, 68
- Volta, Alessandro, 45, 126
- voltaica, cella, (v. cella voltaica)
- W**
- Watt, James, 45
- watt (W), 14, 17, 19, 45
- secondo (Ws), 46, 104
- X**
- X, raggi, (v. raggi X),
- Z**
- Zener, diodo, 187–188
- zero assoluto, 87, 88, 104–105
- zinco,
 - cloruro, 132
 - ione, 129
 - piastra, 126, 127, 128
 - polvere, 133



NOTE

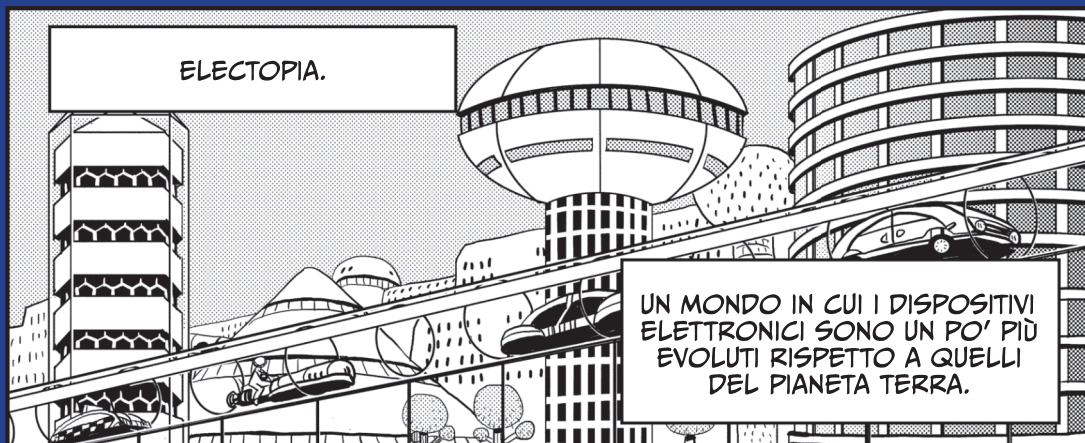
NOTE



L'AUTORE

Kazuhiro Fujitaki è docente presso il Centro per lo sviluppo vocazionale di Tokyo. Ha scritto molti libri sull'ingegneria elettrica e gestisce un sito internet che offre informazioni relative agli esami di ingresso alle scuole professionali per tecnici elettricisti in Giappone. Il sito (in giapponese) è all'indirizzo <http://www10.ocn.ne.jp/~denkou/>.

UN'AFFASCINANTE GUIDA ALL' ELETTROMAGNETISMO. A FUMETTI!



REREKO VIVE A ELECTOPIA, IL PAESE DELL'ELETTROMAGNETISMO, E NON È RIUSCITA A PASSARE L'ESAME... DI ELETTRICITÀ! PER QUESTO È COSTRETTA A PASSARE L'ESTATE A STUDIARE SULLA TERRA CON IL SUO PAZIENTISSIMO INSEGNANTE, HIKARU, CHE È LÌ, PRONTO AD AIUTARLA.

UNISCITI A LORO NE **"I MANGA DELLE SCIENZE - ELETTROMAGNETISMO"**, DOVE REREKO È ALLE PRESE CON APPARECCHI ELETTRICI DI USO COMUNE COME TORCE ELETTRICHE, TERMOSIFONI E INTERRUTTORI, PER APPRENDERE IL SIGNIFICATO DI CONCETTI COME VOLTAGGIO, POTENZIALE, CORRENTE, RESISTENZA, CONDUTTIVITÀ E FORZA ELETTROSTATICA.

GLI ESEMPI TRATTI DAL MONDO REALE CHE TROVERETE IN QUESTE PAGINE VI INSEGNERANNO:

- CHE COS'È L'ELETTRICITÀ, COME FUNZIONA, COME VIENE PRODOTTA E COME LA SI PUÒ UTILIZZARE;
- IL RAPPORTO TRA VOLTAGGIO, CORRENTE E RESISTENZA (LA LEGGE DI OHM);
- CONCETTI FONDAMENTALI COME INDUTTANZA E CAPACITÀ;
- IL FUNZIONAMENTO DI COMPONENTI COMPLESSI COME TRASFORMATORI, SEMICONDUTTORI, DIODI E TRANSISTOR;
- IN CHE MODO ESATTAMENTE PRODUCIAMO CALORE DALL'ELETTRICITÀ E IL RAPPORTO TRA CORRENTE E CAMPI MAGNETICI.

SE FINO AD OGGI I MISTERI DELL'ELETTROMAGNETISMO VI FRIGGEVANO IL CERVELLO, **"I MANGA DELLE SCIENZE - ELETTROMAGNETISMO"** VI INSEGNERÀ TUTTO QUELLO CHE C'È DA SAPERE IN MANIERA UNICA E DIVERTENTE.



la Repubblica Le Scienze



Pubblicazione settimanale da vendersi esclusivamente in abbonamento a la Repubblica oppure a Le Scienze. Supplemento al numero in edicola.
9,90 euro + il prezzo di Repubblica oppure de Le Scienze.